

Samuel João da Silveira

**SUBSÍDIOS PARA NORMATIVA DE LOTEAMENTOS  
SUSTENTÁVEIS QUANTO AO CICLO HIDROLÓGICO**

Tese submetida ao Programa de pós-graduação em engenharia civil da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de doutor em Engenharia Civil.  
Orientador: Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira

Florianópolis  
2013

Silveira, Samuel João da

Subsídios para normativa de loteamentos sustentáveis  
quanto ao ciclo hidrológico / Samuel João da Silveira ;  
Orientador, Francisco Henrique de Oliveira –Florianópolis,  
SC, 2003.  
295 f.: il. col.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Loteamento sustentável. 3.  
Cadastro territorial multifinalitário. 4. Impermeabilização  
do solo. 5. Ciclo hidrológico local. I. Oliveira,  
Francisco Henrique de. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.  
III. Título.

Samuel João da Silveira

## **SUBSÍDIOS PARA NORMATIVA DE LOTEAMENTOS SUSTENTÁVEIS QUANTO AO CICLO HIDROLÓGICO**

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFSC.

Florianópolis, 18 de dezembro de 2013.

---

Prof. Roberto Caldas de Andrade Pinto, Phd.  
Coordenador do Curso

---

Prof. Francisco Henrique de Oliveira, Dr.  
Orientador – UDESC/UFSC

### **Comissão Examinadora:**

---

Profa. Ana Clara Mourão Moura, Dr.<sup>a</sup>  
Examinador Externo - UFMG

---

Prof. Carlos Loch, Dr.  
Examinador do PPGEC/UFSC

---

Profa. Maria de Lourdes Bueno Trindade Galo, Dr.<sup>a</sup>  
Examinador Externo – UNESP

---

Prof. Marcos Aurélio Marques Noronha, Dr.  
Examinador do PPGEC/UFSC

---

Prof. Norberto Hochheim, Dr.  
Examinador do PPGEC/UFSC





À minha mãe, Lúcia J. da Silveira, que se sacrificou muito  
para nos dar uma formação digna e  
por sempre ter me apoiado e acreditado em mim.  
Aos meus irmãos, Natalina, Cidinei, Salmo, Daniel e Lúcia,  
por me acompanharem e sempre  
terem me dado muito apoio e incentivo.  
À minha esposa *Silvana S. N. da Silveira* por todo seu amor,  
carinho e compreensão.

Em especial, dedico *in memoriam*  
a meu pai João Honorato da Silveira.



## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde para conseguir realizar esta pesquisa. Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira, por aceitar participar desta jornada e por ser um verdadeiro mestre. Agradeço a Profa. Dra. Fernanda Simoni Schuch pelo seu apoio técnico ao longo da pesquisa. Por fim, agradeço a todos os meus amigos que direta ou indiretamente me ajudaram nesta empreitada.



## RESUMO

Bibliografias científicas atuais reforçam o frequente aumento nas ocorrências de inundações, e enfatizam que o motivo principal desse aumento de inundações está na reação do meio ambiente aos efeitos da ação antrópica. Diante da problemática causada pela ocupação antrópica desordenada, desenvolvem-se propostas e modelos que visam à conservação da natureza, como é o caso dos Loteamentos Sustentáveis (LS). Sob essa ótica, os LS prezam pela aplicação de conceitos ambientais inovadores em projetos que têm como objetivo a ocupação do solo de maneira ordenada e com a mitigação dos efeitos por ela provocados no meio ambiente. Seguindo essa perspectiva, a pesquisa teve como objetivo definir e ordenar os elementos de controle de LS para atingir a sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local, bem como definir um método para a gestão desses elementos através do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) e propor uma normativa para a implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico local. Para se chegar aos resultados propostos nos objetivos, realizou-se uma revisão de literatura sobre a impermeabilização dos solos, o loteamento e a sustentabilidade. Na sequência, analisaram-se os conceitos e o funcionamento do CTM para avaliar suas potencialidades com relação ao planejamento territorial e sua efetiva aplicação pelas administrações municipais no contexto da gestão das águas pluviais em LS. Para a definição e ordenamento dos elementos de controle dos LS, assim como dos atributos necessários para registro desses elementos no CTM, usou-se o método Delphi com a participação de dezoito especialistas e foram necessárias três rodadas do método para se chegar à maximização do consenso entre os especialistas. A aplicação do método Delphi resultou na normativa para a implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico local. Como resultado, esta pesquisa definiu e ordenou os elementos de controle de LS; estabeleceu os atributos dos elementos de controle para que estes fossem devidamente registrados no CTM e permitissem realizar o gerenciamento; propôs um método para a gestão desses elementos através do CTM; e gerou uma normativa para a implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico local.

**Palavras Chave:** Loteamento sustentável. Impermeabilização do solo. Método de gestão de loteamento sustentável. Ciclo hidrológico local. Cadastro territorial multifinalitário.



## ABSTRACT

Current scientific literature reinforce the frequent increase in the occurrence of floods, and emphasize that the main reason for this increase in flooding is the reaction of the environment to the effects of human activities. Among the problems caused by disordered human occupation, proposals and models aimed at the conservation of nature are developed, as is the case of Sustainable Allotments (SA). Under this view, the SA excel by applying environmental concepts into innovative projects aimed at the occupation of land in an orderly manner and to the mitigation of the effects caused by it in the environment. Following this perspective, the research aims to define and organize the control parameters of SA to achieve sustainability in relation to local hydrologic cycle, as well as define a method for the management of these parameters through the Multipurpose Cadastre (MC) principles and propose rules for the implementation of SA on the local hydrologic cycle. To achieve the results proposed in the objectives, we carried out a literature review on soil sealing, allotment and sustainability. Further, we analyzed the concepts and operation of MC, to evaluate its potentialities in relation to the territorial planning and its effective implementation by municipal administrations in the context of the management of stormwater in sustainable allotments. For the definition and ordering of the control parameters of SA, as well as the attributes required for the registration of these parameters at the MC, we used the Delphi method. In this method, had the participation of eighteen experts and were required three rounds of the method to achieve the maximization of the consensus of the experts' responses. The application of the Delphi method resulted in rules for the implementation of SA on the local hydrologic cycle. As a result, this study has defined and ordered the control parameters of SA; defined attributes for the entries of the control parameters, so that they were properly recorded in MC and allow perform management; proposed a method for the management of these parameters by MC and generated rules for the implementation of SA on the local hydrologic cycle.

**Keywords:** Sustainable allotments. Method of managing sustainable allotments. Local hydrological cycle. Soil sealing. Multipurpose cadastre.





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Frequência de inundações nos Estados Unidos no século XX.	32
Figura 1.2 – Frequência anual de inundações bruscas (1980 – 2003) no Estado de Santa Catarina.	32
Figura 1.3 – Salvamento de gado na área alagada do Sertão do Maruim em 2009 – São José/SC.	34
Figura 1.4 – Loteamento Jardim Botânico, em 30 de abril de 2011.	35
Figura 1.5 – Loteamento Jardim Botânico, em 23 de agosto de 2012.	36
Figura 2.1 – Desafios do desenvolvimento sustentável.	44
Figura 2.2 – Impactos no ciclo da água após a urbanização.	56
Figura 2.3 – Efeito da urbanização sobre a vazão média de enchente para uma bacia de 1 mi <sup>2</sup> .	59
Figura 2.4 – Tempo de concentração e proporção de área urbanizada ao longo do tempo.	60
Figura 2.5 – Vazão de cheia na ponte de Ochiai (Japão).	61
Figura 2.6 – Alterações no leito natural da água.	62
Figura 2.7 – Hidrograma de uma bacia antes e depois de urbanizada.	63
Figura 2.8 – Obstruções ao escoamento em canais.	66
Figura 2.9 – Obstruções ao escoamento em canais.	67
Figura 2.10 – Limite de várzea.	68
Figura 2.11 – Aterro e ocupação das margens do rio.	69
Figura 2.12 – Mapa de Santa Catarina com destaque para os municípios de São José e Florianópolis.	70
Figura 2.13 – Localização da área que está sendo aterrada no bairro Sertão do Imaruim, São José (SC).	71
Figura 2.14 – Aterro realizado ao lado dos rios Forquilhas (São José, SC) em maio de 2011.	72
Figura 2.15 – Aterro realizado ao lado do rio Forquilhas (São José, SC) em setembro de 2012.	72
Figura 2.16 – (a) Montante e (b) a jusante da ponte sobre o rio Forquilhas em São José (SC) em setembro de 2012.	73
Figura 2.17 – (a) Imóveis não contínuos e (b) Imóveis contínuos.	80
Figura 2.18 – Integração entre informações gráficas e alfanuméricas.	81
Figura 2.19 – Fluxograma de aplicação do método Delphi.	87
Figura 2.20 – Fluxograma do método Delphi integrado à análise multicritério-multiatributo.	91
Figura 2.21 – Detalhe genérico de um reservatório de concreto.	102
Figura 2.22 – Reservatório de retenção ou detenção.	103
Figura 2.23 – Bacia de detenção em Porto Alegre/RS	104

Figura 2.24 – Bacia de retenção no parque Marinha do Brasil, Porto Alegre/RS.....	105
Figura 2.25 – Vala de infiltração no Estado da Georgia, Estados Unidos. ....	106
Figura 2.26 – Seção genérica de um poço de infiltração.....	107
Figura 2.27 – Execução de um poço de infiltração.....	108
Figura 2.28 - Exemplo de calçada verde executada no município de São Paulo.....	109
Figura 2.29 – Modelos de pavimentos.....	110
Figura 2.30 – Canal revestido com vegetação rasteira (a) e com pedra (b). .....	112
Figura 3.1 – Fluxograma geral do método da pesquisa.....	118
Figura 3.2 – Localização do bairro Forquilhas em de São José/SC. ....	120
Figura 3.3 – Localização do loteamento Portal da Colina no bairro Forquilhas, São José (SC). ....	131
Figura 3.4 – Layout do loteamento Portal da Colina, bairro Forquilhas, São José (SC).....	132
Figura 3.5 – Ordenamento das medidas de controle no formulário eletrônico Delphi. ....	141
Figura 3.6 – Atributos sugeridos para formação do registro dos elementos de controle.....	143
Figura 3.7 – Fluxograma resumo do método da pesquisa. ....	146
Figura 4.1 – Imagens aéreas do loteamento Jardim Botânico – São José/SC. .....	168
Figura 4.2 – Simulações de diversas áreas máximas permitidas.....	178
Figura 4.3 – Aumento do escoamento superficial devido a impermeabilização do solo.....	180
Figura 4.4 – Loteamento sustentável antes e pós-ocupação. ....	198
Figura 5.1 – Taxa de impermeabilização das parcelas na conclusão do loteamento.....	202
Figura 5.2 – Taxa de impermeabilização das parcelas com a ocupação em andamento no loteamento sustentável.....	205
Figura 5.3 – Método de gerenciamento de água pluvial em LS com o uso do CTM. ....	209
Figura 6.1 – Área de implantação do loteamento Portal da Colina, São José (SC), em novembro de 2009. ....	227
Figura 6.2 – Imagens de área verde (a) e de área de jardim (b) do loteamento Portal da Colina em setembro de 2013.....	228
Figura 6.3 – Imagens do solo predominante no loteamento Portal da Colina em setembro de 2013. ....	229
Figura 6.4 – Áreas de jardim convertidas em áreas verdes no loteamento Portal da Colina.....	230
Figura 6.5 – Parcelas do loteamento Portal da Colina (São José, SC) que podem ser convertidas em área verde. ....	231

Figura 6.6 – Área destinada a lotes que pode ser transformada em área verde, loteamento Portal da Colina, São José (SC). .....	232
Figura 6.7 – Lote 01 da quadra 02 que pode ser convertida em área verde, loteamento Portal da Colina. ....	233
Figura 6.8 – Coeficiente de escoamento superficial do loteamento Portal da Colina antes da implantação. ....	235
Figura 6.9 – Coeficiente de escoamento superficial após a implantação do loteamento Portal da Colina após a implantação. ....	236
Figura 6.10 – Curvas de nível e localização das áreas para execução das bacias ou reservatórios de retenção no loteamento Portal da Colina. ....	238
Figura 6.11 – Vistas das bacias de retenção do lado Norte (a) e Sul (b) do divisor de água do loteamento Portal da Colina.....	240
Figura 6.12 – Áreas para a implantação das bacias de retenção dos lados Norte (a) e Sul (b) do loteamento Portal da Colina. ....	241
Figura 6.13 – Seção transversal das vias do loteamento Portal da Colina. ....	242
Figura 6.14 – Nova seção transversal das calçadas do loteamento Portal da Colina.....	242
Figura 6.15 – Placa de concreto drenante: (a) aplicação em calçada e (b) placa drenante.....	243
Figura 6.16 – Layout final do loteamento Portal da Colina. ....	245
Figura 6.17 – Atributos da bacia de retenção do lado Norte do divisor de água do loteamento Portal da Colina.....	246
Figura 6.18 – Atributos da bacia de retenção do lado Sul do divisor de água do loteamento Portal da Colina.....	246
Figura 6.19 – Atributos das calçadas verdes do loteamento Portal da Colina. ....	247
Figura 6.20 – Atributos das ruas do loteamento Portal da Colina. ....	248
Figura 6.21 – Atributos da área verde do loteamento Portal da Colina. ....	248
Figura 6.22 – Planta de situação do lote 12 da quadra 08 do loteamento Portal da Colina. ....	250
Figura 6.23 – Planta do pavimento térreo (a) e do superior (b). ....	251
Figura 6.24 – Vista externa da lateral direita (a) e esquerda (b). ....	252
Figura 6.25 – Planta de locação/cobertura.....	253



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 2.1 – Diferenças entre loteamento e condomínio horizontal. ....	47
Quadro 2.2 – Resumo do memorial descritivo do lote 6 da quadra A.....	49
Quadro 3.1 – Arquivos do projeto do loteamento Portal da Colina. ....	116
Quadro 3.2 – Cronograma de atividades do método Delphi. ....	124



## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Nível de impermeabilização de um loteamento no município de São Paulo (Brasil). .....	58
Tabela 2.2 – Seleção multicritério-multiatributo de especialistas.....	93
Tabela 3.1 – Faixas de experiência x medida considerada. ....	138
Tabela 3.2 – Escolaridade x medida considerada .....	138
Tabela 3.3 – Seleção multicritério de especialistas.....	139
Tabela 3.4 – Seleção multicritério de especialistas.....	145
Tabela 4.1 – Seleção multicritério de especialistas.....	156
Tabela 4.2 – Ordem de prioridade dos elementos de controle para solo pedregulhoso (G), segundo os especialistas consultados.....	159
Tabela 4.3 – Ordenação dos elementos de controle de LS para solo pedregulhoso (G) conforme a moda.....	161
Tabela 4.4 – Ordem de prioridade dos elementos de controle para solo arenoso (S), segundo os especialistas consultados.....	162
Tabela 4.5 – Ordenação dos elementos de controle de LS para solo arenoso (S). ....	164
Tabela 4.6 – Ordem de prioridade dos elementos de controle para solo arenoso (S), segundo os especialistas consultados.....	165
Tabela 4.7 – Ordenação dos elementos de controle de LS para solo argiloso (C) e/ou siltoso (M).....	167
Tabela 4.8 – Área verde mínima em LS, segundo os especialistas consultados.....	169
Tabela 4.9 – Percentual de área mínima permeável por lote em LS, segundo os especialistas consultados.....	171
Tabela 4.10 – Taxas de ocupação máxima de solo em localidades diversas. ....	174
Tabela 4.11 – Limitações e dimensões mínimas dos terrenos em localidades diversas. ....	175
Tabela 4.12 – Resultados das simulações da taxa de ocupação e das taxas de área permeável.....	179
Tabela 4.13 – Ordem de prioridade dos elementos de controle segundo o tipo de solo. ....	195
Tabela 4.14 – Atributos para o registro dos elementos de controle de LS.....	196
Tabela 5.1 – Cadastro das parcelas territoriais no CTM.....	206
Tabela 6.1 – Divisão da área do loteamento Portal da Colina, São José (SC). ....	226
Tabela 6.2 – Coeficiente de escoamento para o método racional, conforme Brasil (2006).....	235
Tabela 6.3 – Distribuição da vazão de água pluvial para os lados Norte e Sul do divisor de água do loteamento Portal da Colina.....	239

Tabela 6.4 – Divisão final da área do loteamento Portal da Colina, São José (SC), após implantação das calçadas verdes. ....	244
--	-----



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ASP – Avaliação Social de Projetos  
CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais  
CONAMA – Conselho Nacional Do Meio Ambiente  
CREA-BA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia da Bahia  
CTM – Cadastro Territorial Multifinalitário  
ESRI – *Environmental Systems Research Institute*  
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto  
FIG – *Fédération Internationale des Géomètres*  
GFDRR - *Global Facility For Disaster Reduction And Recovery*  
IEA – Instituto de Estudos Avançados  
IF-SC – Instituto Federal Santa Catarina  
IPTU – Imposto Predial Territorial Urban  
ISS – Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza  
ITBI – Imposto de Transmissão de Bens Imóveis  
LCRS – Loteamento e Condomínio Residencial Sustentável  
LID – Low Impact Development  
LRS – Loteamento Residencial Sustentável  
LS – Loteamento Sustentável  
MP-SC – Ministério Público Santa Catarina  
NBR – Norma Brasileira  
RAND – *Research and Development*  
RI – Registro de Imóveis  
SICART – Sistema de Cadastro e Registro Territorial  
SIG – Sistema de Informações Geográfica  
SUCS – Sistema Unificado de Classificação dos Solos  
SUDS – *Sustainable Urban Drainage Systems*  
TOMP – Taxa de Ocupação Máxima Permitida  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina  
USP – Universidade de São Paulo



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>27</b>
1.1	PROBLEMA E HIPÓTESE.....	30
1.2	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS .....	31
1.2.1	Objetivo geral.....	31
1.2.2	Objetivos específicos .....	31
1.3	JUSTIFICATIVA DO ESTUDO .....	31
1.4	INEDITISMO, RELEVÂNCIA E CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA... 37	
1.5	LIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	38
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	39
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>41</b>
2.1	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	41
2.2	LOTEAMENTOS E CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS .....	44
2.2.1	Loteamentos x Condomínios .....	45
2.2.2	Alvará de Construção.....	48
2.2.3	Registro do Loteamento e Condomínio.....	52
2.3	LOTEAMENTOS E OS IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE .....	53
2.3.1	Impacto ambiental .....	53
2.3.2	Impactos Ambientais Provocados no Ar.....	54
2.3.3	Impactos Ambientais Provocados na Água.....	55
2.3.4	Impactos Ambientais na Paisagem Urbana e Cultural .....	75
2.3.5	Impactos Ambientais na Infraestrutura.....	75
2.3.6	Impactos Ambientais no Solo.....	76
2.4	CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO .....	76
2.4.1	Definição de Cadastro Territorial Multifinalitário .....	77
2.4.2	Objetivos e Vantagens do CTM .....	78
2.4.3	Disposições Gerais do CTM .....	79
2.4.4	Multifinalidade do CTM .....	81
2.4.5	CTM como Ferramenta de Planejamento e Gestão Urbana .....	84
2.4.6	Conclusões Sobre o Tema.....	85
2.5	MÉTODO DELPHI .....	85
2.5.1	Definição do Método Delphi.....	85
2.5.2	Procedimento do método Delphi.....	86
2.5.3	Elaboração de questionários .....	89
2.5.4	Seleção dos Especialistas: integração com análise multicritério- multiatributo .....	90
2.5.5	Número de participantes .....	94
2.5.6	Justificativa da Seleção do Método.....	95
2.5.7	Vantagens e Desvantagens do Método Delphi .....	98
2.5.8	Validação dos Resultados .....	99
2.6	ELEMENTOS DE CONTROLE .....	99

2.6.1	Área Impermeável .....	100
2.6.2	Área Mínima de Infiltração .....	100
2.6.3	Reservatórios de Detenção ou Retenção .....	101
2.6.4	Bacias de Detenção ou Retenção.....	104
2.6.5	Valas ou Poços de Infiltração.....	106
2.6.6	Calçadas Verde .....	108
2.6.7	Pavimentos Permeáveis .....	110
2.6.8	Canal com Pedregulho/Vegetação .....	111
2.6.9	Área Verde .....	113
3	<b>MÉTODO.....</b>	<b>115</b>
3.1	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS .....	115
3.2	ETAPAS DE EXECUÇÃO DO MÉTODO.....	116
3.2.1	Primeira Etapa: Atividades Preparatórias .....	118
3.2.2	Segunda Etapa: Projeto de Pesquisa .....	122
3.2.3	Terceira Etapa: Execução da Pesquisa .....	129
3.2.4	Quarta Etapa: Relatório da Pesquisa.....	130
3.3	Questionários para o Método Delphi .....	133
3.3.1	Carta de Apresentação do método Delphi .....	133
3.3.2	Questionário para seleção dos especialistas .....	135
3.3.3	Questionário para definição de prioridade dos elementos .....	139
3.3.5	Questionário para definição de áreas mínima permeável e verde .....	144
3.4	TESTES DO QUESTIONÁRIO DELPHI .....	144
3.5	RESUMO DO MÉTODO ADOTADO .....	146
4	<b>RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>149</b>
4.1	SELEÇÃO DOS ESPECIALISTAS PARA O MÉTODO DELPHI ...	149
4.1.1	Critérios: tempo de experiência e formação acadêmica .....	149
4.1.2	Terceiro Critério: Conhecimentos sobre sustentabilidade ambiental .....	150
4.1.3	Quarto Critério: Conhecimentos sobre loteamentos residenciais..	152
4.1.4	Quinto Critério: Conhecimentos sobre solos .....	152
4.1.5	Sexto Critério: Conhecimentos sobre impactos ambientais .....	153
4.1.6	Sétimo Critério: Conhecimentos sobre CTM .....	154
4.1.7	Resumo das pontuações e seleção dos especialistas.....	155
4.2	ORDEM DE PRIORIDADE DOS ELEMENTOS DE CONTROLE..	158
4.2.1	Solo Pedregulhoso (G) .....	158
4.2.2	Solo Arenoso (S) .....	161
4.2.3	Solo Argiloso (C) e/ou Siltoso (M) .....	164
4.2.4	Solo Orgânico (Turfa) (P) .....	167
4.3	ÁREA VERDE MÍNIMA DO LOTEAMENTO .....	168
4.4	ÁREA MÍNIMA PERMEÁVEL DO LOTE (PARCELA).....	170
4.5	ATRIBUTOS PARA INSERÇÃO DOS ELEMENTOS DE CONTROLES DE LS .....	181
4.5.1	Reservatório de Detenção.....	181

4.5.2	Bacia de Detenção .....	183
4.5.3	Vala de Infiltração .....	184
4.5.4	Poço de Infiltração .....	186
4.5.5	Calçadas Verdes .....	188
4.5.6	Pavimentação Permeável.....	190
4.5.7	Canal com Pedregulho/Vegetação .....	192
4.6	SISTEMATIZAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS APÓS A APLICAÇÃO DO MÉTODO DELPHI .....	194
4.7	LOTEAMENTOS SUSTENTÁVEIS .....	197
<b>5</b>	<b>MÉTODO DE GERENCIAMENTO E NORMATIVA DE LOTEAMENTO SUSTENTÁVEL.....</b>	<b>201</b>
5.1	MÉTODO DE GERENCIAMENTO DOS ELEMENTOS DE CONTROLE COM BASE NO CTM.....	201
5.1.1	Exemplificação do Método de Gerenciamento .....	201
5.1.2	Método de Gerenciamento dos Elementos de Controles de Loteamento Sustentável.....	208
5.2	NORMATIVA DE LOTEAMENTO SUSTENTÁVEL.....	210
<b>6</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>225</b>
6.1	DESCRIÇÃO DO LOTEAMENTO PORTAL DA COLINA .....	225
6.2	ANÁLISE DAS EXIGÊNCIAS DAS NORMATIVAS .....	229
6.2.1	Área Verde.....	229
6.2.2	Manutenção da vazão pluvial.....	234
6.2.3	Reservatório ou Bacia de Detenção .....	237
6.2.4	Calçadas Verdes .....	241
6.2.5	Cadastro do Loteamento Portal da Colina .....	245
6.3	Alvará de Construção de Residência.....	248
6.3.1	Área Mínima de Infiltração.....	252
6.3.2	Reservatório de Detenção ou Retenção .....	254
6.3.3	Conclusões do Estudo de Caso .....	255
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>257</b>
7.1	CONCLUSÕES .....	257
7.2	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	261
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>263</b>
	<b>APÊNDICE .....</b>	<b>285</b>
	<b>APENDICE A – Formulário online Delphi.....</b>	<b>286</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Em junho de 2012 foi realizada na cidade do Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio+20. Nesse evento, o objetivo principal foi a renovação do compromisso das nações participantes com o desenvolvimento sustentável, visando assegurar a promoção de um futuro econômica, social e ambientalmente sustentável para o planeta e para a presente e futuras gerações (NAÇÕES UNIDAS, 2012).

Somando a ideologia do evento supracitado e, portanto, corroborando com a ideia do desenvolvimento sustentável, tem-se no cenário mundial a nova forma de expansão das cidades, os Loteamentos Sustentáveis (LS). Estes podem ser definidos como os loteamentos que atendam as três bases principais da sustentabilidade: econômica, social e ambiental. Ou seja, são projetados de forma a oferecer ganhos financeiros ao empreendedor; a atender aos interesses sociais, oferecendo uma área segura para construção de edificações e ambientais, preservando o meio ambiente e tratando os seus resíduos, bem como interferindo ao mínimo no fluxo natural da água (ciclo hidrológico).

No Brasil, a ideia dos LS ainda é pouca difundida, porém verificam-se exemplos de loteamentos cujo perfil e proposição correspondem à filosofia sustentável (TAKAOKA, 2011). A principal característica desses loteamentos que vêm sendo implantados no Brasil está na grande área verde, que pode chegar a 70% da área total do empreendimento (NEGREIROS, 2009).

Por outro lado, a característica principal dos loteamentos que não visam à sustentabilidade está na alta taxa de impermeabilização (percentual determinado através da relação entre a área impermeável total e a área total do lote), principalmente devida à pavimentação de ruas e calçadas e às construções de edificações (MOTA, 2003).

É notório que, em decorrência da impermeabilização do loteamento, tem-se um aumento da vazão de escoamento de água pluvial (LIVINGSTON; MCCARRON, 1992; HARVEY; MORRIS, 2004; WEBER, STURM, WARNER, 2004; AMENU, 2011; PROKOP, JOBSTMANN, SCHÖNBAUER, 2011), o que pode provocar erosões, inundações e enchentes (HARVEY; MORRIS, 2004; SAUER, 2007). Além do impacto ocasionado pela impermeabilização no ciclo hidrológico, outros fatores decorrentes da implantação de loteamento, tais como a artificialização dos cursos de água, a construção de obstáculos ao escoamento e a ocupação da várzea, também têm

impactos negativos nesse ciclo (CENTER FOR WATERSHED PROTECTION, 2000; WHITFORD; HANDLEY; ENNOS, 2001; TUCCI, 2008; HORA; GOMES, 2009; PROKOP, JOBSTMANN, SCHÖNBAUER2011).

Além desses efeitos provocados pela implantação de loteamento ao ciclo hidrológico local, têm-se os problemas de natureza institucional (STAHERE, 2005). Segundo este último autor, muitos dos obstáculos dizem respeito à administração municipal, mais especificamente à cooperação entre os diferentes departamentos na administração da cidade. Como exemplo, podem-se citar casos de ruas que são asfaltadas e logo depois quebradas para receberem encanamentos não previstos devido à falta de comunicação entre os órgãos municipais (ARGENTA; POSTIGLIONE; OLIVEIRA, 2009).

Outros problemas de natureza institucional ocorrem também no setor de fiscalização. A prefeitura normalmente não tem recursos humanos suficientes para fiscalizar adequadamente todo o seu perímetro nas diversas divisões. Dessa forma, o fiscal da prefeitura verifica se a construção foi feita de acordo com o projeto aprovado somente quando da solicitação do “Habite-se”. No entanto, com o passar do tempo, os proprietários alteram os imóveis e, normalmente, aumentam a área impermeabilizada, seja na ampliação da construção, seja simplesmente na pavimentação do terreno com concreto, sem a realização das compensações adequadas.

Diante disso, para os LS quanto ao ciclo hidrológico local será necessário ter meios de fiscalizar adequadamente de forma a inibir a impermeabilização sem a devida compensação. Para tanto, a proposta deste trabalho analisará a viabilidade de gestão, pela administração municipal, das áreas impermeabilizadas através do CTM.

Neste contexto, esta pesquisa vislumbra corroborar com os objetivos da referida conferência através da discussão do conceito de loteamento sustentável. Porém, nesta pesquisa, é dado foco para o ciclo hidrológico na bacia hidrográfica na qual o loteamento está inserido.

Para tanto, analisaram-se os impactos negativos decorrentes da implantação de loteamentos no ciclo hidrológico na bacia hidrográfica local, bem como os problemas provocados durante a implantação e ao longo da ocupação do loteamento.

Concluída a análise do impacto com a implantação de loteamentos, foram vistos meios de mitigar os respectivos efeitos. Esses meios foram baseados na *Best Management Practices (BMP)*, também conhecido como *Low Impact Development (LID)* ou *Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)* e são definidos nesta pesquisa como sendo os



elementos de controle de loteamentos que buscam a sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local. Como exemplos desses elementos, pode-se citar o uso de área permeável, reservatório de retenção, calçada verde, poço de infiltração, entre outros.

O passo seguinte da pesquisa foi definir a ordem de importância dos elementos de controles, bem como os atributos necessários para o devido registro no Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) municipal e os procedimentos para realizar essa gestão com base no reconhecimento da parcela territorial. Vale reforçar que o conceito adotado para parcela territorial é o mesmo definido por Brasil (2009-a), portanto *“a parcela cadastral é a menor unidade do cadastro, definida como uma parte contígua da superfície terrestre com regime jurídico único”*. Com isso, busca-se mitigar os problemas de natureza institucional.

Para definir a ordem de relevância dos elementos de controles e os seus atributos, usou-se o método Delphi. Em sua essência, o método Delphi é uma série de questionários aplicados sequencialmente (em rodadas) com especialistas, e as rodadas são intercaladas com um respectivo *feedback*, visando-se à convergência das opiniões dos participantes (LINSTONE; TUROFF, 2002). O procedimento está detalhado no item 2.5, porém é importante destacar que os especialistas foram selecionados através do método de seleção multicritério-multiatributo de Zapata (1995) e que foram necessárias três rodadas do método Delphi para se chegar à maximização de consenso das respostas dos especialistas.

Com a conclusão do método Delphi, verificou-se como fazer a gestão dos elementos de controles de LS quanto ao ciclo hidrológico local, baseada no reconhecimento da parcela territorial como fonte de controle dos elementos de referências de um LS. Para tanto, se fez uso dos preceitos do CTM com o auxílio do programa ArcGIS<sup>1</sup>. Na sequência, foram desenvolvidas proposições de normatização para que as prefeituras possam exigir dos empreendedores que os loteamentos ou condomínios residenciais sejam sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico.

Por fim, apresentou-se uma aplicação do método proposto no loteamento Portal da Colina, situado no bairro de Forquilhas, na cidade de São José, estado de Santa Catarina, com o auxílio do *software* ArcGIS.

---

<sup>1</sup> Programa de Sistema de Informações Geográficas (SIG) desenvolvido pelo ESRI (*Environmental Systems Research Institute*).

Dessa forma, com os estudos sobre loteamentos que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local, com o auxílio do método Delphi, definiu-se a sequência de prioridades dos elementos de controles, bem como se estabeleceu os procedimentos para realizar essa gestão com base no reconhecimento da parcela territorial.

Portanto, esta pesquisa, por apresentar soluções que auxiliam no desenvolvimento de novos loteamentos visando à redução dos impactos trará benefícios tanto para a administração municipal quanto para toda a população.

Para a administração municipal, os benefícios virão através da: definição de sequência de prioridades dos elementos de controle, facilitando a implantação e a fiscalização dos loteamentos; descrição dos procedimentos para realizar a gestão dos elementos de controle com base no reconhecimento da parcela territorial, o que facilitará a administração, a qual poderá contar com as informações no CTM; proposição de normativa que exigem dos empreendedores a sustentabilidade dos loteamentos quanto ao ciclo hidrológico local, favorecendo o setor de análise de projetos, o qual poderá contar com regras claras para a análise e aprovação de projetos de LS quanto ao ciclo hidrológico local.

Para a população, o principal benefício será no aumento da qualidade de vida, bem como na redução de prejuízos financeiros e/ou de perdas de vidas com, por exemplo, as reduções de inundações.

## 1.1 PROBLEMA E HIPÓTESE

Diante de tantos fatores que impactam desfavoravelmente na implantação de loteamentos e condomínios residenciais, é possível definir os principais elementos de controle da manutenção do ciclo hidrológico local de loteamentos sustentáveis? Se sim, qual a ordem de prioridade, quais os atributos necessários para a inserção desses elementos no CTM e como realizar a gestão destes?

Essas questões sugerem a hipótese de que é possível usar o método Delphi para a definição do grau de importância, e seus atributos, dos elementos de controle dos principais impactos negativos no ciclo hidrológico local decorrentes da implantação de um loteamento e de que se podem adotar os preceitos do CTM na gestão de tais elementos de controle.

## 1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

### 1.2.1 Objetivo geral

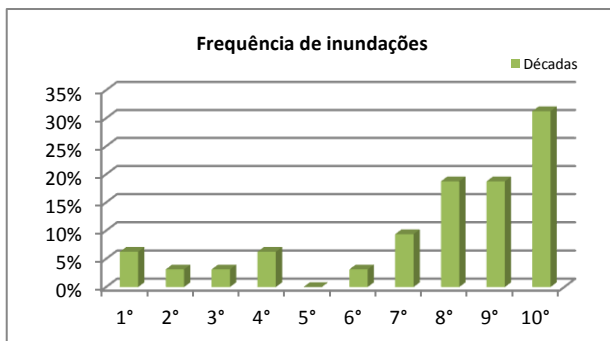
O objetivo geral desta pesquisa é definir e ordenar os elementos de controle de novos loteamentos residenciais para atingir a sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local e estabelecer um método para a gestão desses elementos através do CTM.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- 1) Determinar os principais elementos de controles para a implantação de loteamentos e condomínios residenciais que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local.
- 2) Definir o grau de importância dos elementos de controle.
- 3) Determinar os atributos necessários para a inserção desses elementos no CTM.
- 4) Definir um método baseado nos preceitos de CTM para que a caracterização do território seja suficiente para a gestão dos elementos de controle a serem atendidos pelos loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico.
- 5) Propor a implantação de normativa técnico-administrativa para projetos e implantações de loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico, tomando-se como premissa o CTM.

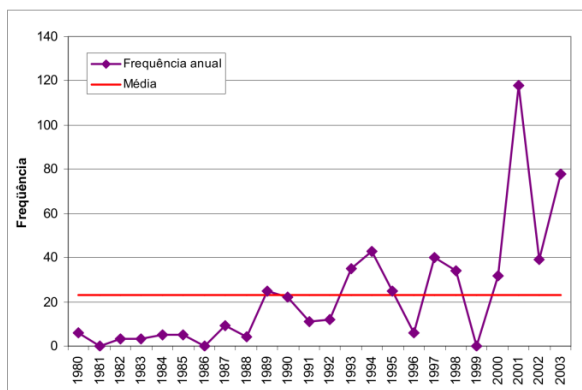
## 1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Atualmente observa-se cada vez mais o efeito devastador das águas pluviais em eventos ocorridos do mundo. Isto pode ser constatado no estudo apresentado por Perry (2000), o qual relata as trinta e duas mais significativas inundações ocorridas nos Estados Unidos ao longo do século XX. Dividindo-se esse período de observação em intervalos iguais de 10 anos e verificando-se as frequências das ocorrências em cada período, chega-se no gráfico apresentado na figura 1.1.

**Figura 1.1 – Frequência de inundações nos Estados Unidos no século XX.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na figura 1.1, pode-se perceber que das 32 inundações ocorridas nos Estados Unidos no século XX, na última década ocorreu uma concentração de 30% delas. Desta forma conclui-se que a frequência das inundações nesse país vem aumentando significativamente ao longo dos anos. Essa característica não é exclusiva do país supracitado; comportamento similar pode ser observado em outros países e de modo bem definido para o Brasil, em especial no Estado de Santa Catarina (TOMINAGA, 2009), conforme pode ser constatado no gráfico ilustrado na figura 1.2.

**Figura 1.2 – Frequência anual de inundações bruscas (1980 – 2003) no Estado de Santa Catarina.**

Fonte: HERRMANN (2006).

O gráfico da figura 1.2 apresenta as frequências anuais de inundações bruscas (normalmente conhecidas como enxurradas, GAUME *et al.*, 2004) ocorridas em Santa Catarina (Brasil) entre os anos de 1980 e 2003. Por meio dessa figura, pode-se perceber que as ocorrências de inundações vêm aumentando consideravelmente ano a ano.

Outras bibliografias científicas, como a GFDRR (2010), reforçam o frequente aumento das ocorrências de inundações. Além disso, pesquisas como as apresentadas por: Livingston e Mccarron (1992); Environmental Protection Agency (1993); Bigarella *et al.* (1994); Arnold e Gibbons (1996); Center for Watershed Protection (2000); Whitford, Handley e Ennos (2001); Tucci (2008); Hora e Gomes (2009); PROKOP, JOBSTMANN, SCHÖNBAUER (2011); Lee e Kim (2012); entre outras, enfatizam que o motivo principal do aumento de inundações se pauta na reação do meio ambiente aos efeitos da ação antrópica, principalmente no que se refere aos impactos ambientais causados pela implantação de loteamentos e condomínios residenciais (CARRIJO; BACCARO, 2000).

Em sua pesquisa, Mota (2003) relaciona uma série de atividades antrópicas que ocorrem durante o processo de implantação de um loteamento e seus principais impactos ambientais, tais como: desmatamento, movimentação de terras, impermeabilização do solo, entre outros. Esses impactos tendem ser cada vez mais acentuados, haja vista que, segundo Penhalver (2005) e D'Ambrosio (2010), vem ocorrendo nos últimos anos, em todas as classes sociais, um aumento na procura por lotes. Além disso, conforme Brasil (2009-b), em 2007 havia um déficit habitacional no Brasil de 6,273 milhões de domicílios.

Dessa forma, não se pode impedir o desenvolvimento de novos loteamentos ou condomínios residenciais. Por outro lado, esses novos loteamentos precisam ter método de controle de águas pluviais para que seja possível atenuar os efeitos com inundações a jusante. Um caso típico da falta desse controle vem ocorrendo na bacia do Rio Forquilhas, localizada no município de São José/SC. A figura 1.3 apresenta uma imagem da área alagada com os vaqueiros salvando o gado.

**Figura 1.3 – Salvamento de gado na área alagada do Sertão do Maruim em 2009 – São José/SC.**



Fonte: SCHMITZ (2010).

À montante dessa área alagada, novos loteamentos<sup>2</sup> são construídos sem levar em consideração o agravamento provocado, principalmente, pela impermeabilização das áreas para construção do próprio loteamento, assim como das futuras edificações. As imagens reproduzidas na figura 1.4 ilustram o andamento da construção de um desses loteamentos, o Jardim Botânico, que está sendo executado no bairro Potecas, município de São José/SC.

---

<sup>2</sup> Como exemplo, pode-se citar além do loteamento Jardim Botânico, o loteamento Portal das Colinas, em construção no bairro Forquilhas; e o loteamento Manoel de Melo, em obras também no bairro Forquilhas. Todos esses loteamentos ficam no município de São José/SC.

**Figura 1.4 – Loteamento Jardim Botânico, em 30 de abril de 2011.**



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Na figura 1.4, pode-se observar que é considerável a movimentação de terra para a implantação do loteamento Jardim Botânico. A terra retirada da parte alta do loteamento foi usada para aterrar a parte baixa, ou seja, a várzea do rio que corta o loteamento.

A figura 1.5 apresenta uma foto do mesmo loteamento pouco mais de um ano depois, em agosto de 2012.

**Figura 1.5 – Loteamento Jardim Botânico, em 23 de agosto de 2012.**



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A figura 1.5 mostra o loteamento Jardim Botânico praticamente concluído. No lado direito da imagem pode-se observar a ponte que foi construída para transpor o córrego existente, bem como o aterro da várzea.

Esse exemplo é apenas ilustrativo, situações como essa podem ser observadas em outras partes do país. Isso mostra a importância que deve ser dada ao efeito da ação antrópica com o desenvolvimento de novos loteamentos e condomínios residenciais.

Para que se possa manter o desenvolvimento de novos loteamentos, mas sem colocar em risco o meio ambiente, uma das soluções atuais é trabalhar com Loteamentos Sustentáveis (LS). Sob esta ótica, discutiu-se, nesta pesquisa, o princípio do loteamento sustentável, ideia que no Brasil se configura timidamente e que, necessita encontrar o equilíbrio entre três bases: social, econômica e ambiental. A base social envolve a capacidade de incorporar as populações e estabilizar a sociedade; a base econômica diz respeito à capacidade de sustentação econômica do empreendimento; e a base ambiental está relacionada com a necessidade de conservação do meio ambiente, conforme apontam Cavalcanti *et al.* (1994).

Assim, apresenta-se nesta pesquisa uma proposta de definição generalista de loteamento sustentável que considere as bases social, econômica e ambiental. Neste trabalho, deu-se destaque à base



ambiental, analisando-se principalmente o ciclo hidrológico da bacia na qual o loteamento está inserido.

Além disso, determinou-se a ordem de prioridades dos elementos de controle dos LS e os atributos para serem usados na gestão de LS quanto ao ciclo hidrológico local segundo o preceito do CTM. Também se desenvolveu uma proposição normativa para ser inserida na legislação municipal. Esta normativa visa dar o respaldo legal à prefeitura quando da adoção dos procedimentos técnicos para implantação, monitoramento e gestão dos elementos de controle de loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico local.

Portanto, esta pesquisa, por apresentar soluções que auxiliam no desenvolvimento de novos loteamentos com redução dos impactos ambientais, é de interesse não só da comunidade acadêmica, mas, principalmente, de toda população. Suas aplicações trarão ganhos em qualidade de vida para população, bem como em redução de prejuízos financeiros e/ou diminuição das perdas de vidas nas ocorrências de inundações, por exemplo.

#### 1.4 INEDITISMO, RELEVÂNCIA E CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA

A originalidade do tema não está na discussão da questão do LS e CTM, mas na definição e no ordenamento dos elementos de controle de LS quanto ao ciclo hidrológico local; na determinação de um método baseado nos preceitos do CTM para a gestão dos elementos de controle a serem atendidos pelos LS; e no estabelecimento de normas técnico-administrativas que norteiam a implantação e o projeto de LS, do ponto de vista da gestão das águas.

De acordo com o encontrado nas revisões de literatura, as pesquisas desenvolvidas até o presente momento não discutiram um meio de determinar uma escala de prioridades de elementos de controle dos impactos negativos no ciclo hidrológico local gerados pela implantação de loteamentos. Também se observou que as pesquisas desenvolvidas até o presente momento discutem a respeito de LS e CTM de forma independente, isto é, apresentam o que são LS e CTM, mas sem aliar as teorias conjuntamente.

Pode-se confirmar essa ausência de pesquisa sobre a discussão de LS e CTM em pesquisas realizadas sobre LS tais como as apresentadas por Negreiros (2009) e Souza et al. (2005) e sobre CTM por Loch (2005), Brasil (2009-a), Oliveira (2010-a), entre outros.

Não foram encontradas pesquisas que propusessem a aplicação do princípio do CTM como base para o (re)ordenamento territorial, de modo a fundamentar a gestão de águas pluviais por meio dos elementos de controle dos impactos negativos ao ciclo hidrológico local gerados pela implantação de loteamentos.

Desse modo, tem-se um hiato na pesquisa técnico-científica no que diz respeito à determinação de elementos de controle de LS quanto ao ciclo hidrológico local, bem como ao uso do CTM no (re)ordenamento territorial e sua efetiva aplicação pelas administrações municipais no contexto da gestão das águas pluviais em LS.

Assim, com esta pesquisa, foram definidos e ordenados elementos de controle de LS quanto ao ciclo hidrológico local no qual o loteamento está inserido; foi estabelecido um método baseado nos preceitos do CTM para a gestão dos elementos de controle a serem atendidos pelos loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico local; e foi proposta a implementação de normas técnico-administrativas que auxiliem o poder municipal nas análises e fiscalizações de LS quanto ao ciclo hidrológico, normas estas baseadas nos elementos de controle definidos para LS e nos preceitos do CTM.

Quanto à relevância deste estudo, pode-se citar o resultado que a pesquisa pode oferecer à população, que é a mitigação dos efeitos negativos causados pela implantação de loteamentos.

Como contribuição científica, pode-se afirmar que os resultados desta pesquisa têm a possibilidade de serem usados em pesquisas futuras, conforme sugestões apresentadas no item 7.2 que apresenta sugestões de trabalhos futuros.

## 1.5 LIMITAÇÃO DA PESQUISA

Nesta pesquisa, o foco está no projeto de novos loteamentos, apesar da grande quantidade de loteamentos já existentes que, na maioria dos casos, necessita de readequação para amenizar os impactos ambientais.

Este trabalho é direcionado a loteamentos e condomínios residenciais, para os padrões de baixa, média e alta classes sociais, porém não são consideradas outras tipologias, como construções comerciais ou industriais. Os loteamentos e condomínios residenciais serão adotados como objetos de pesquisa devido à considerável participação no mercado atual, o que, consequentemente, gera maior impacto ambiental.

Nos estudos dos Loteamentos e Condomínios Residenciais Sustentáveis (LCRS), não foram realizadas pesquisas nas três bases do desenvolvimento sustentável conforme descreve ICLEI (1996): desenvolvimento econômico, social e ambiental. Limitou-se a pesquisa ao estudo do desenvolvimento ambiental, sendo o desenvolvimento social atendido através da mitigação dos impactos provocados a jusante com a implantação de novos loteamentos.

Por fim, também não foram realizadas análises financeiras relacionadas aos custos com a implantação dos LS quanto ao ciclo hidrológico.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta tese foi estruturada da seguinte forma:

- 1 - Introdução: conforme visto, apresentou-se o trabalho da pesquisa contextualizando o assunto, o problema, o objetivo, a justificativa, a identificação do ineditismo, relevância e contribuição científica, assim como a limitação da pesquisa.
- 2 - Fundamentação teórica: apresenta a base teórica que dá apoio a esta pesquisa. Inicia-se a revisão bibliográfica pelo desenvolvimento sustentável, observando-se a definição desse conceito e como atingi-lo na prática. Na sequência, discute-se o conceito de loteamentos e condomínios residenciais, bem como os impactos provocados ao meio ambiente decorrentes da implantação. Por fim, versa-se sobre o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), o método Delphi integrado à análise multicritério-multiatributo e os elementos de controle para loteamentos sustentáveis.
- 3 - Material e método: relatam-se materiais e equipamentos que foram usados no decorrer da pesquisa, bem como procedimentos adotados para atingir os objetivos propostos.
- 4 - Resultados e análises: apresentam-se os resultados obtidos com a aplicação do método Delphi, assim como se realizam as análises dos resultados. Para facilitar a compreensão, no fim do capítulo é apresentada a sistematização dos resultados obtidos após a aplicação do método Delphi.
- 5 - Método de gerenciamento e normativa de loteamento sustentável: esclarece-se o princípio de funcionamento do método proposto de gerenciamento dos elementos de controle a

partir do CTM, bem como se define a proposição normativa para projeto e implantação de LS.

- 6 - Estudo de caso: apresenta-se uma simulação de análise de projeto de um loteamento residencial com o intuito de observar a aplicabilidade das proposições sugeridas na normativa.
- 7 - Conclusões e recomendações: está dividida em dois subitens. No primeiro, apresentam-se as conclusões do trabalho frente à pergunta norteadora da pesquisa e mostra-se o atendimento aos objetivos propostos inicialmente; no segundo, fazem-se sugestões de trabalhos futuros sobre o tema da pesquisa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, apresenta-se a base teórica que dá apoio a esta pesquisa. Inicia-se a revisão bibliográfica pelo desenvolvimento sustentável, observando-se a definição desse conceito e como atingi-lo na prática. Na sequência, discute-se o conceito de loteamentos e condomínios residenciais, bem como os impactos provocados ao meio ambiente decorrentes da implantação. Por fim, versa-se sobre o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), o método Delphi integrado à análise multicritério-multiatributo e os elementos de controle para loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico local.

### 2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A revisão deste assunto se faz necessária para que seja possível o entendimento do conceito de loteamento sustentável. Por isso, será apresentado um breve histórico do desenvolvimento sustentável, a sua definição e como se chegar a esse conceito na prática.

O termo “desenvolvimento sustentável” foi primeiramente usado no Relatório Brundtland, publicado em 1987. Este conceito é definido como sendo o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades. Esta definição pode ser extrapolada e entendida também como o desenvolvimento que atende às exigências do presente de uma dada região sem comprometer as demais regiões. Isto é, não se pode pensar em desenvolvimento sustentável de uma região se a ação afeta negativamente outra localidade.

A Comissão Europeia (1996) apresentou a seguinte definição: “Desenvolvimento sustentável significa melhorar a qualidade de vida sem ultrapassar a capacidade de carga dos ecossistemas de suporte”. Desse modo, é possível interpretar que se pode explorar o ecossistema até o seu limite. Mas qual é o seu limite? Neste caso, não se define o limite de exploração, o que dá abertura para que o meio ambiente seja explorado cada vez mais.

Satterthwaite (2004) considera o conceito como: “a resposta às necessidades humanas nas cidades com o mínimo ou nenhuma transferência dos custos da produção, consumo ou lixo para outras pessoas ou ecossistemas, hoje e no futuro”. Nesta definição, pode-se perceber que uma das preocupações do autor está no fato de uma área não interferir na outra, de forma que cada região possa ser sustentável de modo independente.

Para Cavalcanti et al. (1994), o desenvolvimento sustentável é aquele que tem condições de se manter durável ao longo do tempo em todas as suas dimensões, podendo ser destacadas as seguintes:

- a) econômica: relativa à capacidade de sustentação econômica dos empreendimentos. Este é um conceito bem desenvolvido pelos economistas;
- b) social: diz respeito à capacidade de incorporar as populações marginalizadas, reduzindo desequilíbrios sociais que desestabilizam a sociedade;
- c) ambiental: relativa à necessidade de conservação dos recursos naturais e da capacidade produtiva da base física; e
- d) política: relacionada com a estabilidade dos processos decisórios e das políticas de desenvolvimento.

Este último autor apresenta quatro bases principais para o desenvolvimento sustentável. Quanto à base ambiental, o autor se preocupa com a conservação dos recursos naturais.

Barbier e Markandya (1990, p. 2) apresentam uma definição de atividade ambientalmente sustentável através de três restrições que consideram a função de utilidade intertemporal:

A extração de recursos renováveis deve ocorrer dentro de suas taxas naturais de regeneração; a extração de recursos não renováveis deve ser realizada na taxa em que as mesmas podem ser substituídas por energias renováveis, e emissão de resíduos deve ser compatível com a capacidade de assimilação do meio ambiente. (tradução nossa)

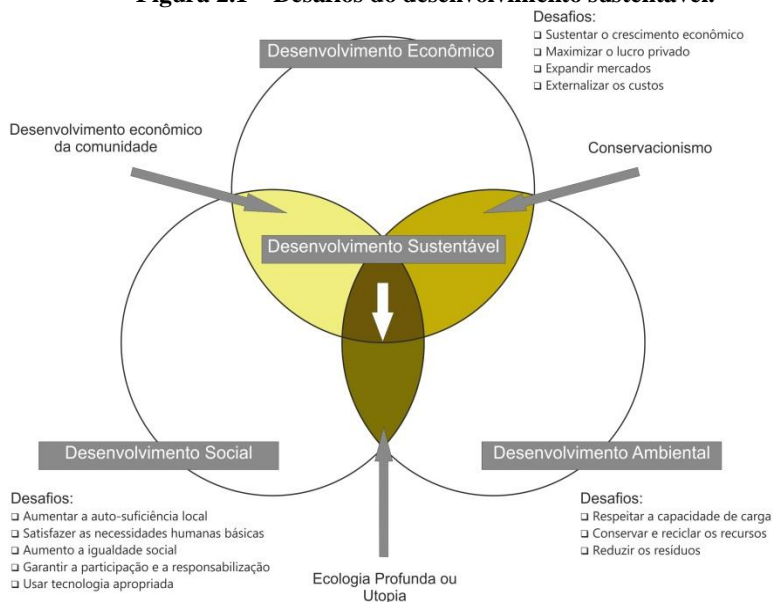
Por meio dessa definição, pode-se extrapolar o conceito e entender que, no caso de loteamento sustentável, o esgoto e o lixo emitidos devem ser compatíveis com a capacidade de o sistema absorver esses rejeitos.

Outra definição de desenvolvimento sustentável foi apresentada pelo Conselho Internacional para Iniciativas Ambientais Locais em 1996, no guia de planejamento para a Agenda 21 local. Para tanto, levaram-se em consideração três dimensões: social, econômica e ambiental. Nesse caso, o conceito foi definido como sendo um programa

de ação para a reforma econômica local e global. O desafio desse programa é desenvolver, testar e disseminar maneiras de alterar o processo de desenvolvimento econômico, para que ele não destrua os ecossistemas e os sistemas comunitários (por exemplo, cidades, vilas, bairros e famílias) que tornam a vida possível e confortável (ICLEI, 1996).

Com esse mesmo pensamento, no documento exposto pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, o desenvolvimento sustentável é apresentado com preocupação principalmente nas três dimensões: social, econômica e ambiental. Para MMA (2000), desenvolvimento sustentável significa um “desenvolvimento social e econômico estável, equilibrado, com mecanismos de distribuição das riquezas geradas e com capacidade de considerar a fragilidade, a interdependência e as escalas de tempo próprias e específicas dos recursos naturais”. Esta definição também se preocupa em manter um equilíbrio das três principais bases do desenvolvimento sustentável: social, econômica e ambiental.

Diante de todas as definições apresentadas, pode-se concluir que, para se chegar ao desenvolvimento sustentável, é preciso que sejam desenvolvidas pelo menos três bases: econômica, social e ambiental, conforme sugerem as Nações Unidas (2012). Para tanto, faz-se necessário vencer uma série de desafios que foram apresentados pelo ICLEI em 1996 e que são ilustrados na figura 2.1.

**Figura 2.1 – Desafios do desenvolvimento sustentável.**

Fonte: Adaptada de ICLEI (1996).

Conforme se pode observar na figura 2.1, os desafios do desenvolvimento sustentável são inúmeros. No entanto, de acordo com o que comenta Nóbrega (2002), é inevitável que as três bases cedam para que se consiga um equilíbrio entre elas. Desta forma, não se vence todos os desafios ao mesmo tempo; é necessário abrir mão daqueles que não forem possíveis até o presente momento, atingindo aos poucos o desenvolvimento sustentável.

Assim, esta pesquisa colabora com o desenvolvimento sustentável visando à sustentabilidade de loteamentos. Porém, enfatiza um dos tripés do desenvolvimento sustentável, o ambiental, mais especificamente o ciclo hidrológico local.

## 2.2 LOTEAMENTOS E CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS

Como loteamento é um dos objetos de estudos desta pesquisa, serão apresentadas definições sobre o tema, bem como as principais semelhanças entre loteamento e condomínio residencial, com o objetivo de mostrar que o estudo em desenvolvimento aplica-se também ao condomínio residencial.



O próximo ponto a ser discutido trata dos procedimentos normalmente exigidos pelas prefeituras para a emissão do alvará de construção de um loteamento. Por fim, discute-se a respeito dos procedimentos necessários para os registros dos novos loteamentos. Esses tópicos servirão de base para a proposição de normativa para a aprovação de loteamentos sustentáveis.

### **2.2.1 Loteamentos x Condomínios**

No Brasil, há basicamente duas leis que permitem a legalização dos loteamentos e dos condomínios (SILVA, 2005): a Lei Federal de Parcelamento do Solo (Lei nº 6.766/79) e a Lei Federal nº 4.591/64, que Dispõe Sobre o Condomínio em Edificações e as Incorporações Imobiliárias.

A Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, no segundo artigo, informa que “o parcelamento do solo urbano poderá ser feito mediante loteamento ou desmembramento, observadas as disposições dessa lei e as das legislações estaduais e municipais pertinentes”. Essa lei, ainda no referido artigo, define loteamento e desmembramento:

§ 1º - Considera-se loteamento a subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes.

§ 2º - Considera-se desmembramento a subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com aproveitamento do sistema viário existente, desde que não implique na abertura de novas vias e logradouros públicos, nem no prolongamento, modificação ou ampliação dos já existentes.

Outra definição que pode ser observada nesta lei, no quarto parágrafo do segundo artigo, é a de lote, que corresponde a: *“o terreno servido de infraestrutura básica cujas dimensões atendam aos índices urbanísticos definidos pelo plano diretor ou lei municipal para a zona em que se situe”*.

A Lei Federal nº 6.766 deixa para o município o encargo da definição dos usos permitidos e dos índices urbanísticos de parcelamento e ocupação do solo, que deverão obrigatoriamente incluir as áreas mínimas e máximas de lotes e os coeficientes máximos de aproveitamento.

Esta lei ainda apresenta os requisitos mínimos que devem conter os projetos de loteamentos e desmembramentos, informa os procedimentos para registro dos loteamentos e desmembramentos, e comunica que as

áreas destinadas a sistemas de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal

E estas passam, no ato da inscrição e do registro, ao poder público e torna-se de uso da comunidade.

Quanto a condomínios, a Lei Federal nº 4.591, de 16 de dezembro de 1964, apresenta a regulamentação da organização e da administração dos condomínios horizontais ou não. No primeiro artigo, a lei define condomínio como sendo: *“as edificações ou conjuntos de edificações, de um ou mais pavimentos, construídos sob a forma de unidades isoladas entre si, destinadas a fins residenciais ou não residenciais [...]”*.

Esta lei também define que cada unidade tem uma fração ideal do terreno bem como das coisas comuns. Além disso, informa que devem ser discriminadas as partes que podem ser usadas em comum pelos titulares dos vários tipos de unidades autônomas.

Para facilitar a compreensão, o quadro 2.1 ilustra as principais diferenças entre loteamento e condomínio horizontal residenciais.

**Quadro 2.1 – Diferenças entre loteamento e condomínio horizontal.**

<b>Loteamento</b>	<b>Condomínio horizontal</b>
Regido pela Lei Federal de Parcelamento do Solo (Lei nº 6.766/79, alterada pela Lei nº 9.785/99).	Regido pela Lei Federal de Parcelamento do Solo (Lei nº 6.766/79, alterada pela Lei nº 9.785/99), pela Lei dos Condomínios (Lei nº 4.591/64) e pelo novo Código Civil, no capítulo sobre condomínios.
O incorporador vende os lotes. Não há áreas comuns nem fração ideal.	O incorporador vende o terreno e a fração ideal sobre as áreas comuns.
O fechamento do loteamento é proibido pela Lei nº 6.766/79. Apesar disso, muitas prefeituras concedem o direito de fechamento.	O fechamento do condomínio é realizado normalmente com muros, o que é permitido através de legislação municipal.
Pode constituir associação para cobrança de taxa de manutenção.	A cobrança de taxa é realizada de acordo com a Lei dos Condomínios.
A obrigatoriedade do pagamento da taxa de manutenção é juridicamente controversa.	O pagamento de taxa condominial é obrigatório.
As ruas internas estão sujeitas ao Código Brasileiro de Trânsito. Por exemplo: menores não podem dirigir carros.	<i>Idem.</i>
Pode ter administrador da associação.	Tem síndico.
As áreas verdes, de lazer e as ruas são administradas pela municipalidade.	As áreas são administradas pelo condomínio.

Fonte: Adaptado de SINDICONET (2011).

Analisando-se o quadro 2.1, percebe-se que as principais diferenças entre loteamento e condomínio são relacionadas à área jurídica e as semelhanças, à área urbanística. No caso das semelhanças urbanísticas, tem-se o fato de que tanto o loteamento quanto o condomínio são projetados de forma a respeitar as exigências de parcelamento do solo. Na área jurídica, o município firma um acordo, que pode ser conferido através da permissão de uso ou da concessão de uso, com os adquirentes dos lotes do condomínio e estes passam a administrar as áreas de domínio público (MARINI, 2000).

Em outros países, este processo é similar ao que ocorre no Brasil. Como exemplo, podem-se citar Portugal<sup>1</sup>, Canadá<sup>2</sup> e Estados Unidos. Neste último país, há uma lei<sup>3</sup> federal que delega aos municípios regulamentar a subdivisão de terras sob sua jurisdição. Assim, o município pode definir a disposição adequada das ruas em relação às existentes ou planejadas, bem como especificar a largura mínima e a área dos lotes, entre outros aspectos.

Desta forma, pode-se concluir que o loteamento e o condomínio residencial possuem as mesmas características urbanísticas e ambos precisam respeitar as exigências de parcelamento do solo. Além disso, conclui-se que, de acordo com a Lei nº 6.766/79, as normativas de controle dos elementos de referência de LS devem ser propostas à prefeitura, já que a referida lei delega aos municípios a definição do uso e da ocupação do solo, desde que respeite os limites impostos por esta lei.

## 2.2.2 Alvará de Construção

O procedimento para obtenção do alvará de construção depende de cada prefeitura e varia principalmente na relação de documentos para aprovação. Como exemplo, podem-se citar as Prefeituras de Curitiba<sup>4</sup>, Florianópolis<sup>5</sup>, São José<sup>6</sup>, São Paulo<sup>7</sup>, entre outras, que em comum solicitam o desenvolvimento de alguns projetos para que possam ser analisados e aprovados pelas instituições competentes. Os principais deles são apresentados a seguir.

---

<sup>1</sup> Decreto-Lei nº 155/97, de 24 de junho de 1997.

<sup>2</sup> The Canadian Encyclopedia: Urban and Regional Planning. Disponível em <<http://www.thecanadianencyclopedia.com/articles/urban-and-regional-planning#SEC949903>>. Acesso em: 2 set 2012.

<sup>3</sup> UNITED STATES. Department of Commerce. *A standard city planning enabling Act*. United States Government Printing Office, Washinton. 1928. p.54.

<sup>4</sup> Relação de documentos disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/multimedia/00111857.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2012.

<sup>5</sup> Relação de documentos disponível em: <<http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/smdu/index.php?pagina=servlistagem&menu=3>>. Acesso em: 4 set. 2012.

<sup>6</sup> Relação de documentos disponível em: <<http://www.pmsj.sc.gov.br/docs/receita/documentosprocesso.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2012.

<sup>7</sup> Relação de documentos disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/habitacao/departamentos/parsolo/index.php?p=3451>>. Acesso em: 4 set. 2012.

### **a) Projeto Urbanístico**

No projeto urbanístico, deverá constar todos os elementos que compõem o loteamento com suas respectivas dimensões, como ruas, lotes, passeios, praças, áreas verdes, áreas institucionais, entre outras.

Conforme a Lei Federal nº 6.766, nono artigo, é necessário que seja fornecido à prefeitura um memorial descritivo do loteamento. Cada prefeitura poderá solicitar mais informações além das mínimas exigidas na referida lei. Normalmente (como é o caso das prefeituras de Curitiba, Florianópolis, São José e São Paulo) são solicitadas no mínimo a descrição dos lotes com suas respectivas dimensões e outras informações conforme o exemplo apresentado no quadro 2.2, relativo ao lote 6, quadra A, do loteamento Manoel de Melo, em São José, Santa Catarina.

**Quadro 2.2 – Resumo do memorial descritivo do lote 6 da quadra A.**

<b>Item</b>	<b>Valor</b>	<b>Extremante</b>
<b>Quadra</b>	A	
<b>Lote</b>	6	
<b>Área</b>	446,54 m <sup>2</sup>	
<b>Frente</b>	14,00 m	Rua projetada B
<b>Lateral esquerda</b>	31,896 m	Lote nº 5
<b>Lateral direita</b>	31,896 m	Lote nº 7
<b>Fundos</b>	12,00 m	Lote nº 8
<b>Distância da esquina mais próxima</b>	15,00 m	Rua projetada C

Fonte: desenvolvido pelo autor.

Essas informações serão usadas para criar uma base cadastral<sup>8</sup> do loteamento com cada parcela que contenha essas informações e outras que poderão ser inseridas. Essa base cadastral será usada na proposição de normativa de loteamento sustentável quanto ao ciclo hidrológico local como meio de gerenciamento das parcelas através do CTM.

<sup>8</sup> De acordo com Loch e Erba (2007), base cadastral é uma representação que contém os elementos planialtimétricos fundamentais de uma porção do território, desenhada de acordo com convenções predeterminadas e com alta precisão métrica para servir de referência a estudos, projetos e elaboração de cartas temáticas.

Além do projeto urbanístico, é preciso desenvolver outros projetos para que sejam devidamente analisados antes da liberação do alvará de construção, tais como: projetos de drenagem urbana, pavimentação, rede elétrica, distribuição de água e tratamento de esgoto. A seguir, é apresentada uma descrição resumida dos projetos que contribuem no desenvolvimento ambiental dos loteamentos.

### ***b) Projeto de Drenagem Urbana***

Segundo a Prefeitura do Município de São Paulo (1999, p.11), o sistema de drenagem urbana de loteamentos é composto dos pavimentos das ruas, das guias e sarjetas, das bocas de lobo, da rede de galerias de águas pluviais e dos canais de pequenas dimensões, que são dimensionados para o escoamento de vazões de 2 a 10 anos de período de retorno. Conforme a Prefeitura do Município de São Paulo (1999, p.11), têm-se os seguintes itens como sendo os principais objetivos do sistema de drenagem:

- 1) reduzir a exposição da população e das propriedades ao risco de inundações;
- 2) reduzir sistematicamente o nível de danos causados pelas inundações;
- 3) preservar as várzeas não urbanizadas numa condição que minimize as interferências com o escoamento das vazões de cheias, com a sua capacidade de armazenamento, com os ecossistemas aquáticos e terrestres de especial importância e com a interface entre as águas superficiais e subterrâneas;
- 4) assegurar que as medidas corretivas sejam compatíveis com as metas e objetivos globais da região;
- 5) minimizar os problemas de erosão e sedimentação;
- 6) proteger a qualidade ambiental e o bem-estar social;
- 7) promover a utilização das várzeas para atividades de lazer e contemplação.

Nesses objetivos, pode-se observar que o sistema de drenagem tem um papel fundamental no desenvolvimento ambiental e social da população, já que, através dele, pode-se reduzir os riscos de inundações e, conseqüentemente, os danos e transtornos à população.

### ***c) Projeto de Pavimentação***

Segundo o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP (2006), a pavimentação é uma estrutura constituída por camadas superpostas de materiais diferentes, construída sobre o subleito<sup>9</sup>, destinada a resistir e distribuir ao subleito simultaneamente esforços horizontais e verticais, bem como melhorar as condições de segurança e conforto ao usuário.

Este sistema de pavimentação é empregado nas vias de circulação pública e, segundo Santa Catarina (2010), normalmente são destinados 20% da área total do loteamento para atender essas vias. Segundo Wilken (1978), o pavimento asfáltico possui um coeficiente de drenagem superficial de 0,90, o que quer dizer que 90% da água que precipita sobre o pavimento é transferida para o sistema de drenagem. Por outro lado, há modelos de pavimentação que podem ser usados para a redução dessa contribuição de água de chuva, como é o caso da pavimentação permeável, que permite a infiltração da água no solo.

Dessa forma, os loteamentos que buscam a sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local necessitam levar em consideração o modelo de pavimentação a ser adotado nas vias de circulação pública. Para tanto, isso será um dos elementos de controle, que serão analisados no item 2.6.

### ***d) Projeto de Sistema de Tratamento de Esgoto***

Neste projeto, é informado o destino que se dará para o esgoto doméstico. São possíveis três meios: o modelo mais utilizado é o sistema de tratamento individual, no qual fica por conta do proprietário de cada lote fazer a sua unidade de tratamento de esgoto; outra forma é adotar uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) coletiva dentro do próprio condomínio residencial, e é feito um rateio entre os usuários para a manutenção do sistema; outra opção é fazer uso da ETE disponibilizada pela companhia de coleta de esgoto, alternativa que depende da disponibilidade da rede no local onde se está construindo o loteamento.

---

<sup>9</sup> Camada compreendida entre a superfície da plataforma de terraplenagem e a superfície paralela, situada no limite inferior da zona de influência das pressões aplicadas na superfície do pavimento (DER-SP, 2006).

Segundo Zoratto (2006), o esgoto doméstico é uma das principais causas de poluição dos recursos naturais. Além de acarretar diversos impactos na saúde de população, como doenças transmitidas por fatores patogênicos (por exemplo, cólera e hepatite A), o esgoto doméstico também provoca danos ao meio natural, como a eutrofização<sup>10</sup>.

Desta forma, pode-se perceber que o sistema de tratamento de esgoto possui uma importância no desenvolvimento social e ambiental, principalmente no que se refere à não poluição de rios e águas subterrâneas. Esta pesquisa, porém, busca apresentar meios de fazer a gestão e o controle de elementos em loteamentos que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local para mitigar as inundações. É fato que o problema do esgoto doméstico impacta significativamente na área de saúde, e é conhecida a estreita relação entre a qualidade de água e as inúmeras enfermidades provocadas por ela, especialmente aquelas não atendidas pelo sistema de saneamento (LIBANIO, 2005). Por isso, deixa-se como sugestão para pesquisas posteriores a análise de elementos de controle para o sistema de esgoto em loteamentos sustentáveis.

### 2.2.3 Registro do Loteamento e Condomínio

Com o projeto do loteamento ou condomínio residencial devidamente aprovado na prefeitura municipal, o próximo passo para o empreendedor, antes de poder realizar a venda<sup>11</sup> dos imóveis, é registrar o loteamento no registro de imóveis da respectiva comarca.

Conforme a Lei de Registros Públicos nº 6.015/73, há uma lista de documentos que o empreendedor deve apresentar quando da solicitação do registro, entre eles o memorial descritivo. Este documento, além de apresentar os dados do quadro 2.2, solicita também uma descrição geral do empreendimento com as seguintes informações:

---

<sup>10</sup> “A eutrofização (ou eutroficação) é um processo normalmente de origem antrópica (provocado pelo homem), ou raramente de ordem natural, tendo como princípio básico a gradativa concentração de matéria orgânica acumulada nos ambientes aquáticos”. Fonte: BRASIL ESCOLA. **Eutrofização**. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/biologia/eutrofizacao.htm>>. Acesso em: 31 maio 2011..

<sup>11</sup> Conforme artigo 37º da Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979: “É vedado vender ou prometer vender parcela de loteamento ou desmembramento não registrado”.



Características e confrontações da gleba total e do empreendimento, bem como o número de lotes e de quadras resultantes; áreas ocupadas pelas ruas e espaços livres; destinação do empreendimento (residencial, comercial, etc); tipo de pavimento; padrão da rede de drenagem e das instalações hidráulicas e elétricas; existência de serviços básicos como transporte e telefone; garantia de execução das obras, etc.

Assim, pode-se usar o CTM com todas essas informações desejadas pelas instituições, bem como os resultados dos elementos de referência de cada parcela do LS, os quais serão propostos nesta pesquisa. Estes dados, juntamente com os da escritura que descreve quem e como comprou a parcela, constituem o Sistema de Cadastro e Registro Territorial (SICART) (PHILIPS, 2010). Logo, o SICART é composto de informações constantes no Registro de Imóveis (RI) mais os dados do CTM (BRASIL, 2009-a).

Por fim, os elementos a serem definidos nesta pesquisa serão de conhecimento de todos que tiverem interesse em comprar um lote, haja vista que o cliente poderia facilmente solicitar uma ficha de matrícula atualizada do imóvel desejado, na qual seriam informados todos os dados de cada elemento.

## 2.3 LOTEAMENTOS E OS IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE

O estudo dos impactos provocados pela implantação de um loteamento é fundamental para que seja possível verificar quais elementos serão necessários para mitigar os efeitos da urbanização. Porém, como o objetivo desta pesquisa é definir elementos de controle para loteamentos que buscam a sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local, será dada ênfase aos problemas que envolvam o ciclo hidrológico.

Desta forma, serão apresentados os principais impactos ambientais provocados pela implantação de loteamentos. Para tanto, inicia-se com a definição de impacto ambiental e, na sequência, apresentam-se os componentes ambientais que podem ser afetados pela implantação de loteamento, finalizando-se com a discussão detalhada de cada item.

### 2.3.1 Impacto ambiental

Antes de discorrer sobre os impactos ambientais gerados devidos à implantação de um loteamento, será apresentada a definição de

impacto ambiental dada por Brasil (1986). Este conceito envolve inúmeras características e este autor o descreve claramente, por isso sua definição será a adotada nesta pesquisa.

Para Brasil (1986), impacto ambiental se configura em qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Assumida a definição de impacto ambiental proposta por Brasil (1986), pode-se perceber que a execução de um loteamento implica impactos de toda sorte, haja vista que no processo de urbanização ocorre a substituição do ecossistema natural por outro totalmente desfavorável estabelecido pelo homem conforme suas necessidades e seu poder (BARROS et al., 2003). Tal substituição do ecossistema natural envolve uma série de intervenções, tais como as apresentadas por Lollo e Röhm (2009): “criação e adaptação de acessos; terraplanagem; instalação do canteiro de obras e obras de construção; e implantação da drenagem”.

Ainda segundo Lollo e Röhm (2009), os componentes ambientais que podem ser afetados por essas intervenções foram classificados da seguinte forma:

Ar: ar e ruído;

Água: manancial subterrâneo, manancial superficial, rede de água e esgoto e rede de drenagem pluvial;

Urbanismo: paisagem natural, paisagem urbana, patrimônio cultural, qualidade urbanística e vegetação;

Infraestrutura: rede elétrica, rede telefônica, transporte urbano e vias urbanas;

Solo: solo, relevo, resíduos sólidos urbanos, rochas.

Assim, cada um dos grupos supracitados será discutido individualmente para que se possa ter uma compreensão melhor dos impactos ambientais provocados em tais componentes pela implantação de um loteamento. Esta discussão individual também servirá para analisar os elementos de controle necessários para mitigar os efeitos dos impactos ambientais no ciclo hidrológico local.

### **2.3.2 Impactos Ambientais Provocados no Ar**

Não foram encontradas muitas citações sobre os efeitos dos impactos ambientais no ar e/ou ruídos provocados pela implantação de

um loteamento. Porém, analisando-se a situação do loteamento devidamente ocupado com residências, pode-se constatar que a concentração de veículos provoca um aumento da poluição do ar, bem como da poluição sonora (PALENZUELA, 1999).

Uma solução para evitar esses problemas é observada na comunidade Vauban, a qual fica na periferia de Freiburg, na Alemanha, perto da fronteira com a Suíça. Conforme relata Rosenthal (2009), trata-se de uma vila na qual não há circulação de carros nas ruas de acessos diretos as casas. Só é permitido o acesso com carro na rua principal, por onde passa o bonde para o centro de Freiburg, bem como em poucas outras ruas nos limites da comunidade.

No entanto, ainda segundo Rosenthal (2009), não se pode implantar uma comunidade livre de carros em qualquer lugar. David Ceaser, cofundador da CarFree City USA (cidades livres de carros), afirma que nos Estados Unidos não se teve sucesso em nenhum projeto suburbano do tamanho de Vauban que banisse o uso dos automóveis.

Desta forma, para algumas localidades deve-se pensar em outra solução, a qual poderia ser o uso de veículos elétricos, os quais, além de serem econômicos, não poluem e são silenciosos (BUENO, 2008).

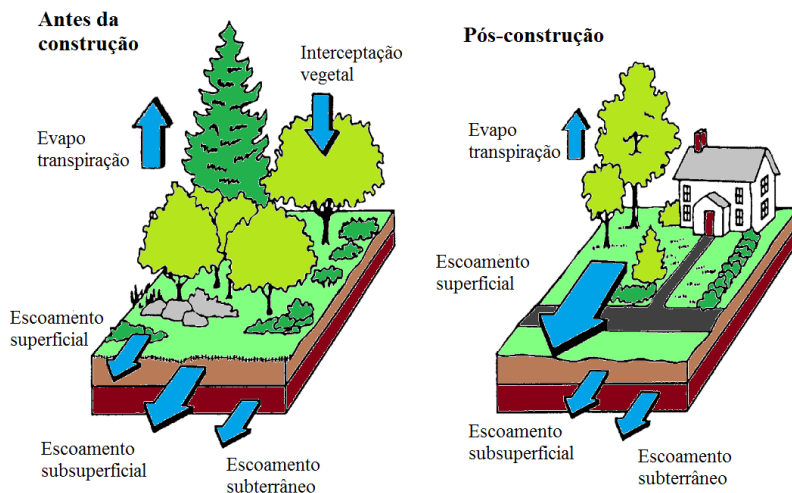
Portanto, como uma possível solução para os impactos ambientais no ar provocados pela implantação de um loteamento não está diretamente ligada ao loteamento, não se pretende usar esta variável como elemento de controle em Loteamentos Sustentáveis (LS).

### **2.3.3 Impactos Ambientais Provocados na Água**

Na implantação de um loteamento o ciclo hidrológico da água, o qual consiste basicamente no intercâmbio de água entre reservatórios oceânicos, rios, lagos, águas subterrâneas, entre outros, e que é movimentado pela energia solar (HIRATA e SUHOGUSOFF, 2003), sofre significativas alterações (TUCCI, 2002). A figura 2.2 ilustra esquematicamente o ciclo hidrológico local antes e depois da construção de moradias.

**Figura 2.2 – Impactos no ciclo da água após a urbanização.**

### CICLO HIDROLÓGICO LOCAL



Fonte: Adaptado de Schueler (1997, apud Center for Watershed Protection; Maryland Department of the Environment, 2000).

Por meio da figura 2.2 pode-se observar que quando uma área é alterada da sua condição natural de floresta para uso do solo urbanizado, o qual consiste em telhados, ruas e estacionamentos, a hidrologia do sistema é significativamente alterada. A água, que anteriormente era empoeçada no chão da floresta, infiltrada no solo e convertida para as águas subterrâneas, utilizada pelas plantas e evaporada ou transpirada para a atmosfera, passa a compor o escoamento superficial. Ou seja, a ação antrópica provoca uma alteração drástica no ciclo hidrológico local, ocasionando queda no escoamento subsuperficial/subterrâneo e um aumento do escoamento superficial (LIVINGSTON; MCCARRON, 1992; ARNOLD; GIBBONS, 1996; HARVEY; MORRIS, 2004; WEBER, STURM, WARNER, 2004; TUCCI, 2005; AMENU, 2011; PROKOP, JOBSTMANN, SCHÖNBAUER, 2011). Tais alterações nos cursos de drenagem natural provocadas pela urbanização podem ter diversos impactos ou provocar alterações no comportamento hidrológico e são as principais responsáveis pelos efeitos a seguir (LIVINGSTON; MCCARRON, 1992; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1993; BIGARELLA et al., 1994; ARNOLD; GIBBONS, 1996; TUCCI,

2008; CENTER FOR WATERSHED PROTECTION, 2000; BURNS et al., 2005; PROKOP, JOBSTMANN, SCHÖNBAUER, 2011):

- a) Impermeabilização dos solos;
- b) Artificialização dos cursos de água;
- c) Construção de obstáculos ao escoamento;
- d) Ocupação da várzea;
- e) Ineficiente gestão territorial da ocupação urbana.

Para compreender melhor o impacto provocado por cada uma dessas interferências, na sequência será apresentada uma análise dos efeitos que elas geram no meio ambiente.

*a) Impermeabilização dos solos*

A impermeabilização dos solos é um efeito visível que ocorre com o processo de urbanização. Pode-se observá-la na pavimentação de ruas, calçadas, bem como nas construções das residências (CENTER FOR WATERSHED PROTECTION, 2000). Esse processo inicia-se logo após a implantação de um loteamento e começa com a pavimentação das ruas e posteriormente com as construções de residências e calçadas.

Segundo pesquisa realizada por D'Almeida Junior e Manzoli Junior (2004) num loteamento com 168.080,74 m<sup>2</sup> no município de São Paulo (Brasil), o grau de impermeabilização do loteamento em um intervalo de aproximadamente três anos chegou a 58,61%. A tabela 2.1 apresenta a relação das áreas de solo impermeabilizadas para esse caso.

**Tabela 2.1 – Nível de impermeabilização de um loteamento no município de São Paulo (Brasil).**

<b>Descrição da área</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área imperme. (m<sup>2</sup>)</b>	<b>% imperme.<sup>1</sup></b>	<b>% imperme. total<sup>2</sup></b>
Lotes institucionais/lazer	43.167,61	503,00	1,17%	0,30%
Ruas e calçadas	43.562,56	35.136,53	80,66%	20,90%
Lotes residenciais/comerciais	81.350,57	62.870,31	77,28%	37,40%
<b>Total</b>	<b>168.080,74</b>	<b>98.509,84</b>		<b>58,61%</b>

Fonte: Adaptado de D'Almeida Junior e Manzoli Junior (2004).

Observa-se, na tabela 2.1, que as áreas institucionais e de lazer não apresentaram grandes contribuições à impermeabilização do loteamento. Segundo os autores supracitados, isto ocorreu devido ao fato de essas áreas não terem sido devidamente ocupadas pela prefeitura. Desta forma, tais áreas futuramente terão uma participação mais significativa na impermeabilização do loteamento, podendo chegar a 23,11% (considerando-se o limite permitido pelo município de até 90% da área impermeável). Outras áreas públicas que formam o loteamento são ruas e calçadas, as quais contribuíram com 20,90% da área de solo impermeável.

Apesar de as áreas residenciais e comerciais já apresentarem grandes contribuições na impermeabilização do loteamento, segundo D'Almeida Junior e Manzoli Junior (2004), ainda há possibilidades de participação mais significativa. Isto porque todos os lotes não estão devidamente ocupados - há 7% dos lotes cujas obras ainda não iniciaram e 17% com obras paralisadas.

Os resultados apresentados por Alvarez et al. (2010) vão ao encontro da pesquisa supracitada e relatam o efeito da urbanização para o bairro Santa Cecília, localizado na zona leste do município de Piracicaba, São Paulo. Os autores concluíram que em 2003 o bairro

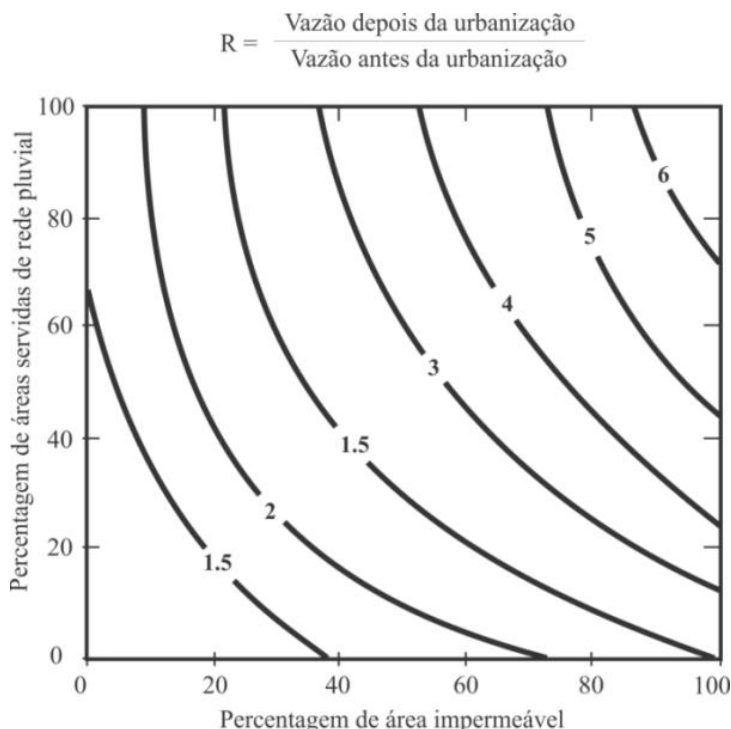
<sup>1</sup> É o resultado da razão entre a área impermeável e a área do respectivo item.

<sup>2</sup> É o resultado da razão entre a área impermeável e a área total do loteamento.

possuía 16,48% de área verde em relação à área total, o que demonstra a pequena parcela de área para infiltração de água no solo.

Em loteamentos com grandes áreas de solo impermeáveis devido ao desenvolvimento da urbanização, ocorre o aumento da vazão de escoamento de água pluvial (LEOPOLD, 1968; LIVINGSTON; MCCARRON, 1992; BURGESS, WIGMOSTA, MEENA, 1998; HARVEY; MORRIS, 2004; HEJAZI; MARKUS, 2009; AMENU, 2011). Leopold (1968) analisou o efeito da urbanização sobre a vazão média de inundação numa área de uma milha quadrada, tendo como base o aumento da percentagem de área impermeável e de condutos pluviais, estabelecendo o aumento da vazão média máxima de cheia. Com esse cenário, obteve-se como resultado o gráfico apresentado na figura 2.3.

**Figura 2.3 – Efeito da urbanização sobre a vazão média de enchente para uma bacia de 1 mi<sup>2</sup>.**

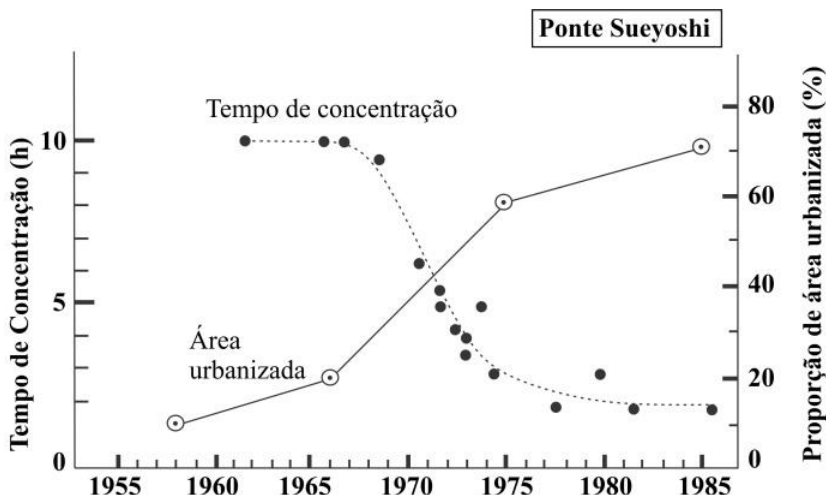


Fonte: Adaptado de Leopold (1968).

Na figura 2.3, observa-se que o aumento da vazão máxima de uma bacia urbanizada pode chegar a até seis vezes a vazão máxima para uma mesma área antes da urbanização.

A consequência da urbanização também foi analisada por Yoshimoto e Suetsugi (1990), os quais divulgaram os resultados da variação do tempo de concentração<sup>3</sup>, bem como da área de solo impermeável, devido ao aumento da urbanização numa bacia hidrográfica nas proximidades de Tóquio (Japão) ao longo dos anos de desenvolvimento. A figura 2.4 apresenta esses resultados.

**Figura 2.4 – Tempo de concentração e proporção de área urbanizada ao longo do tempo.**



Fonte: Adaptado de Yoshimoto e Suetsugi (1990).

A figura 2.4, mostra um dos resultados da pesquisa de Yoshimoto e Suetsugi (1990), a qual indica que, com o passar dos anos, a proporção de área urbanizada aumentou significativamente, chegando-se a 75% em 1985. Consequentemente, a área de solo impermeabilizada também teve aumento nas mesmas proporções e, portanto, teve-se uma redução do

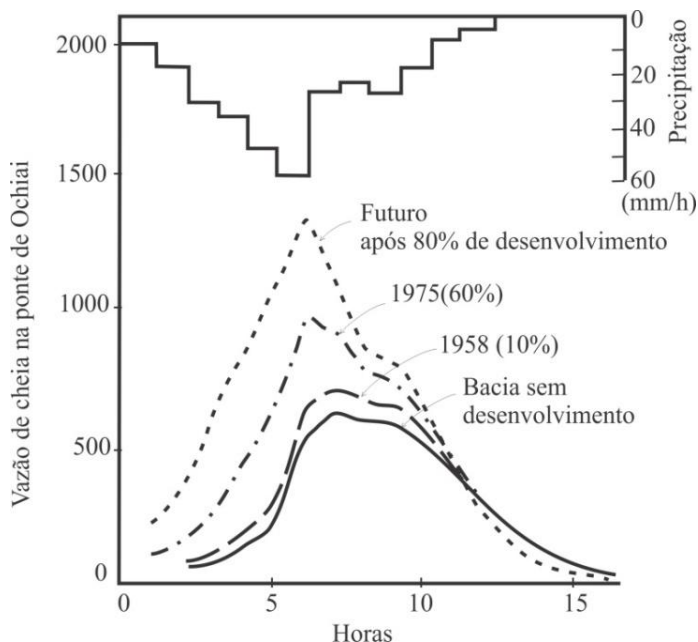
<sup>3</sup> Tempo de concentração: tempo que a água de escoamento superficial leva para se deslocar do ponto mais distante da bacia de captação até o ponto de descarga (ABNT, 1998).



tempo de concentração das chuvas, fator que contribuiu diretamente para o aumento das inundações (LEOPOLD, 1968).

Ainda sobre a pesquisa de Yoshimoto e Suetsugi (1990), a figura 2.5 ilustra os resultados da relação entre a urbanização e a vazão de cheia na ponte de Ochiai, no Japão.

**Figura 2.5 – Vazão de cheia na ponte de Ochiai (Japão).**



Fonte: Adaptado de Yoshimoto e Suetsugi (1990).

Na figura 2.5, pode-se notar que, com o acelerado processo de urbanização no Japão, além das vazões das cheias serem maiores, o tempo para que ocorra a vazão máxima se reduziu ao longo dos anos. Em decorrência disso, o escoamento se processa em grande velocidade, ocasionando dificuldades no lançamento das águas e, consequentemente, provocando erosão, inundações e enchentes (HARVEY; MORRIS, 2004; SAUER, 2007).

Levando-se em consideração essas análises, pode-se concluir que a impermeabilização do solo provoca grandes consequências no ciclo hidrológico e traz graves problemas para o desenvolvimento social, econômico e ambiental de toda a área afetada, tais como: doenças, por

meio do contato com a água contaminada; perdas de vidas; danos materiais; desvalorização dos imóveis; entre outros.

Pelos motivos expostos, a impermeabilização do solo é um dos elementos que precisa ser controlado no desenvolvimento dos loteamentos que buscam a sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico.

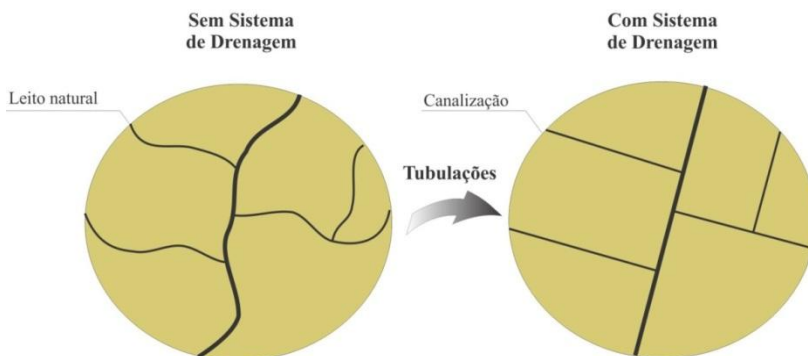
No item 2.4 desta pesquisa, serão apresentados os meios de compensação dos impactos provocados pela área impermeabilizada das parcelas que compõem um loteamento sustentável.

#### *b) Artificialização dos cursos de água*

Com o desenvolvimento dos loteamentos, o solo é impermeabilizado e o leito natural sofre grandes alterações. Originalmente, o leito apresenta caminhos sinuosos, baixa declividade e revestimento de material permeável.

Durante a implantação de um loteamento, essa condição natural de drenagem pluvial é alterada por outra projetada com traçados retilíneos, o que reduz as distâncias, e com maior declividade, de modo a reduzir o diâmetro da tubulação (TUCCI, 2008). Como consequências positivas, têm-se a diminuição no custo e a limitação da sedimentação ao longo do sistema; como consequências negativas, o aumento do volume e da velocidade de escoamento e a redução do tempo de concentração (LEOPOLD, 1968; LIVINGSTON; MCCARRON, 1992; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1993). A figura 2.6 apresenta as alterações no leito natural da água e a 2.8 ilustra seus efeitos.

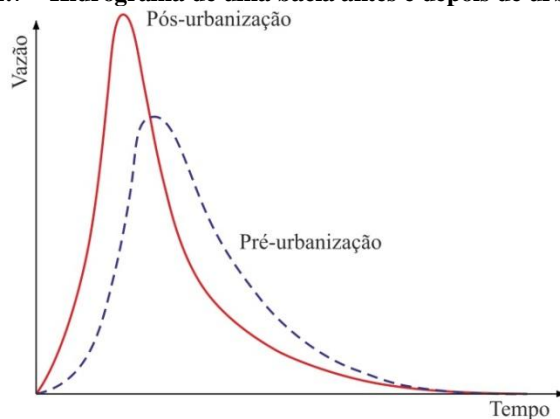
**Figura 2.6 – Alterações no leito natural da água.**



Fonte: desenvolvido pelo autor.

Além da redução do caminho percorrido pela água, conforme ilustrado na figura 2.6, a adição de tubulações do sistema pluvial provoca uma diminuição da infiltração de água no solo. Isto ocorre porque, após a água entrar nas tubulações, ela terá grandes dificuldades de penetração no solo pelo fato de que o material normalmente usado nos condutos pluviais possui grande coeficiente de drenagem superficial e também pelo aumento de velocidade da água, o que provoca redução do tempo de escoamento (TUCCI, 2003). Assim, o sistema de drenagem pluvial contribui para a redução do tempo de concentração e para o aumento do volume de água. A figura 2.7 ilustra este efeito.

**Figura 2.7 – Hidrograma de uma bacia antes e depois de urbanizada.**



Fonte: Adaptado de Leopold (1968).

A figura 2.7 mostra que o pico da vazão para uma área com sistema de drenagem, consequentemente uma área urbanizada, ocorre anteriormente à área não urbanizada. Como já era esperado, a curva apresentada nesta última figura é similar à apresentada por Yoshimoto e Suetsugi (1990), da figura 2.5. Isto acontece porque o sistema de drenagem também causa um aumento na velocidade e no volume de água à jusante LEOPOLD (1968). Como consequências graves, têm-se enchentes e inundações nas mais diversas regiões, conforme relatam Andrade e Romero (2004).

As soluções para as ocorrências de enchentes geralmente são tomadas de forma a resolver problemas isolados. Os projetos de drenagem buscam principalmente a solução pontual, visando à economia do processo construtivo. No entanto, deve-se elaborar um

plano de drenagem que considere toda a bacia de contribuição e que leve em conta as soluções estruturais, bem como as soluções não estruturais (preventivas), como leis de zoneamento que devem conter reservas de áreas para a infiltração das águas de chuva e medidas de controle para evitar o carreamento de sedimentos para os sistemas de drenagem urbana (TUCCI, 2004).

Para Chassot (1999), a drenagem é um produto do relevo. Deve-se observar que, próximo a uma drenagem, há um complexo sistema associado às chuvas que envolve escoamento superficial, recarga de aquífero e alimentação dos principais cursos d'água através de linhas de drenagem, os quais são fatores que compõem o ciclo hidrológico.

Em estudo sobre a drenagem na cidade de João Pessoa, Estado da Paraíba, Nóbrega (2002) comenta que há projetos de drenagem urbana sem a devida integração com setores/áreas da gestão municipal. Além disso, o autor relata também que os problemas surgem devido ao uso e à ocupação do solo e que as soluções que vem sendo adotadas são pontuais e fragmentadas. Como consequência, os problemas relacionados à pluviosidade não são resolvidos adequadamente, tornando os microssistemas de drenagem inadequados em pouco tempo de uso.

Tais sistemas de drenagem são compostos de dois subsistemas interligados, denominados de microdrenagem e macrodrenagem. O primeiro, microdrenagem, é formado pelas estruturas construídas para conduzir a água de chuva proveniente dos lotes e logradouros, conduzindo-a para os corpos hídricos receptores mais próximos da sub-bacia considerada. O segundo, macrodrenagem, conforme descrevem Tucci et al. (1995), “corresponde à rede de drenagem natural, preexistente à urbanização, constituída por rios e córregos, localizados nos talvegues dos vales, e que pode receber obras que a modificam e complementam, tais como canalizações, barragens, diques e outras”.

Com isso, pode-se observar que o projeto de drenagem de um loteamento não deve ser pensado somente para resolver o problema local. Ele precisa atender às necessidades de toda a bacia envolvida, haja vista que *“o projeto de uma rede de macrodrenagem tem conotações nitidamente hidráulicas, mas com consequências socioeconômico-ambientais”* (MASCARENHAS, MIGUEZ e CAMPOS apud NÓBREGA, 2002).

Conforme relata Tucci (2005), durante a aprovação dos loteamentos é exigido somente que o sistema de drenagem pluvial seja eficiente quanto ao escoamento da macrodrenagem do local, mas não leva em consideração a jusante. Desta forma, tem-se uma visão

segmentada de um trecho da bacia e transfere-se a inundação de um local para outro.

Uma das formas de se evitar o problema de segmentação da drenagem é adotar um novo modelo para a concepção de sistema de drenagem, o qual vem ao encontro do conceito de loteamentos sustentáveis, que é reter o maior tempo possível a água onde ocorre a precipitação, retardando a sua liberação para as áreas a jusante ou favorecendo a infiltração das águas da chuva (ANDRADE, 2005).

Desta forma, pode-se concluir que o projeto do sistema de drenagem pluvial deve prever medidas mitigadoras para amenizar os impactos negativos da implantação do loteamento. Para tanto, no projeto devem ser previstas as Best Management Practices (BMP) (ver item 2.6), que servem de referência para os elementos de controle dos LS quanto ao ciclo hidrológico local.

### *c) Construção de obstáculos ao escoamento*

Além dos impactos já vistos, o desenvolvimento urbano também pode provocar obstruções ao escoamento da água pluvial através de aterros, pontes, drenagens inadequadas e assoreamento (TUCCI, 2004).

As pontes, por exemplo, podem intensificar a inundação a montante devido ao aumento da resistência ao fluxo de água provocado pelo estreitamento da largura do canal (KONRAD, 2003).

A respeito do assoreamento, pode-se dizer que o processo começa já no estágio inicial do desenvolvimento do loteamento, quando é realizada a modificação da cobertura da bacia devido à retirada da proteção natural. Isto desprotege o solo, provocando aumento da erosão em períodos chuvosos e da produção de sedimentos devido à movimentação de solo. Estes sedimentos acabam sendo depositados nos leitos pluviais, provocando o assoreamento (TUCCI, 2001).

O processo de assoreamento continua conforme ocorre a ocupação do loteamento. No estágio intermediário de ocupação, parte da população está estabelecida, mas ainda existem importantes movimentações de terras devido às novas edificações. Além disso, a produção de lixo sofre um aumento, o que contribui negativamente para o processo de produção de sedimentos.

Por fim, no estágio final de ocupação do loteamento, praticamente todas as superfícies urbanas estão consolidadas, restando somente a produção de lixo urbano. Parte destes resíduos passa a contribuir para o assoreamento dos leitos, com baixo percentual de

participação de algumas áreas de construção ou sem cobertura consolidada (TUCCI, 2001). A figura 2.8 apresenta o resultado deste processo.

**Figura 2.8 – Obstruções ao escoamento em canais.**



(a) São Paulo (SP).



(b) Porto Alegre (RS).

Fonte: Tucci (2005).

Conforme se observa na figura 2.8 (a), o lixo é conduzido pelo escoamento superficial e segue para os canais, provocando sua obstrução. Sedimentos e detritos trazidos pela água pluvial podem ainda contrair um canal e aumentar as inundações (KONRAD, 2003). Na figura 2.8 (b), ressalta-se o assoreamento do canal devido ao crescimento de vegetação, causado principalmente pela sedimentação de solos.

Também existem obstruções dos leitos provocadas por construções irregulares, como se pode observar na figura 2.9.

**Figura 2.9 – Obstruções ao escoamento em canais.**



(a) São Paulo (SP).



(b) Caxias do Sul (RS).

Fonte: Tucci (2005).

A figura 2.9 (a) apresenta uma situação na qual a fundação (tubulões) de uma construção foi executada ao longo do sistema de drenagem. Já a figura 2.9 (b) mostra a construção de uma edificação sobre o canal. Em ambas as situações, as obras foram construídas irregularmente, haja vista que a lei vigente no Brasil não permite estes tipos de construções. Nessas situações, basta uma participação maior da comunidade em denunciar os casos de irregularidades e do poder público em tomar as medidas necessárias para que tais obras sejam demolidas. Também tem-se a responsabilidade indicada no item “e”

deste tópico, o qual trata da ineficiente gestão territorial da ocupação urbana.

Levando-se em conta o que foi relatado, pode-se concluir que, nos casos de construção de obras ao longo dos canais, essas devem ser denunciadas ao poder público, que deve exigir ou realizar a demolição.

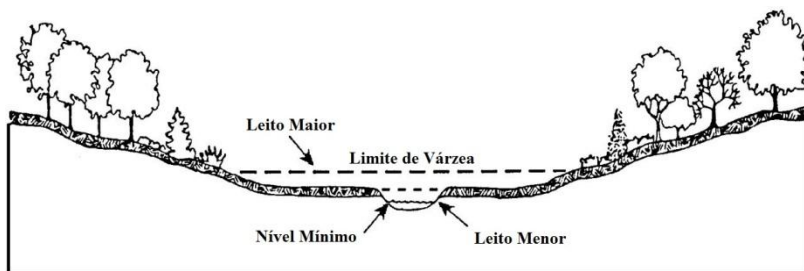
Quanto aos obstáculos provocados pelos depósitos de sedimentos, sejam do lixo, sejam do solo, é preciso uma maior atenção durante a execução das obras de um loteamento, bem como das construções residenciais, a fim de evitar que os sedimentos sejam transportados para o sistema de drenagem.

Já sobre o lixo urbano, faz-se necessária uma maior conscientização da própria população.

#### *d) Ocupação da várzea*

Várzea pode ser definida como sendo simplesmente as margens do rio ocupadas pela água das chuvas periódicas, por exemplo: 50 e 100 anos (CENTER FOR WATERSHED PROTECTION, 2000). Em outras palavras, o rio possui normalmente dois leitos: o menor e o maior (várzea). Em períodos de estiagem ou em níveis médios, a água ocupa o leito menor; o leito maior é ocupado durante as enchentes, como mostra a figura 2.10.

**Figura 2.10 – Limite de várzea.**



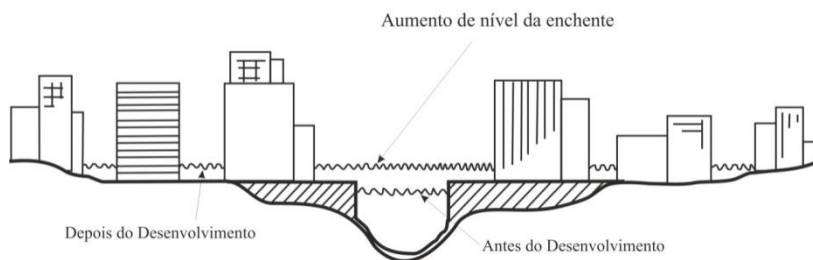
Fonte: Schueler (1987), apud Center for Watershed Protection (2000).

Com o desenvolvimento urbano, as várzeas muitas vezes são aterradas ou simplesmente ocupadas com construções em locais inadequados, que, além de atrapalharem o curso da água, podem provocar grandes enchentes (KONRAD, 2003; TUCCI, 2005 e ALVES e COSTA, 2006). A área com construções irregulares seria ocupada pelo



excesso de água pluvial na época das cheias. Em razão disto, é rompido o equilíbrio existente naturalmente nos cursos d'água para extravasamento das cheias (AMORIM, 2004). A figura 2.11 ilustra esse efeito.

**Figura 2.11 – Aterro e ocupação das margens do rio.**



Fonte: Tucci (2005).

Conforme ilustrado na figura 2.11, o leito maior é aterrado e ocupado por construções. Essa ocupação gera, por ocasião das cheias, danos de grande monta à população local, bem como a montante, as quais são afetadas pelas elevações de níveis decorrentes da obstrução ao escoamento natural causada pelas primeiras construções (TUCCI, 2005).

Coincidentemente, esta situação está ocorrendo no mesmo momento em que se realiza esta pesquisa numa área do bairro Sertão do Imaruim, em São José, Santa Catarina, ao longo do rio Forquilhas. Essa área é a mesma apresentada totalmente alagada na figura 1.3. A figura 2.12 mostra o referido município no Estado de Santa Catarina, e a figura 2.13 ilustra o local onde ocorre a situação comentada.

**Figura 2.12 – Mapa de Santa Catarina com destaque para os municípios de São José e Florianópolis.**



Fonte: WIKIPEDIA. Santa Catarina: ficheiro. Disponível em:  
<[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:  
SantaCatarina\\_MesoMicroMunicip.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SantaCatarina_MesoMicroMunicip.svg)>. Acesso em: 10 nov. 2012.

**Figura 2.13 – Localização da área que está sendo aterrada no bairro Sertão do Imaruim, São José (SC).**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Segundo a presidente da Associação de Moradores de Flor de Nápolis (bairro a montante), a empresa proprietária do imóvel pretende construir um loteamento e possui a autorização da prefeitura para aterrar parte da área, porém a associação conseguiu embargar a obra temporariamente (ALVES, 2011). A preocupação dos moradores do local é que, com o aterro da referida área, os bairros Flor de Nápolis,

Picadas do Sul e Forquilha venham sofrer ainda mais com as enchentes.

Esta preocupação faz sentido, uma vez que a área a ser aterrada possui dois rios no contorno. Desta forma, será aterrada a várzea dos rios Forquilha e Imaruim, o que contribuirá com o surgimento ou agravamento dos problemas citados anteriormente.

Para ilustrar o atual estágio da atividade no local, seguem as figuras 2.14 e 2.15, que apresentam fotos panorâmicas da área em maio de 2011 e setembro de 2012 respectivamente.

**Figura 2.14 – Aterro realizado ao lado dos rios Forquilha (São José, SC) em maio de 2011.**



Fonte: Acervo do autor.

**Figura 2.15 – Aterro realizado ao lado do rio Forquilha (São José, SC) em setembro de 2012.**



Fonte: Acervo do autor.

Uma solução apresentada pela prefeitura de São José foi o alargamento do leito natural do rio. As figuras 2.16 (a) e 2.16 (b) mostram como está ficando o rio com a realização deste serviço. Até o presente momento (20 de novembro de 2013), a obra está paralisada há mais de um ano.

**Figura 2.16 – (a) Montante e (b) a jusante da ponte sobre o rio Forquilhas em São José (SC) em setembro de 2012.**



(a)



(b)

Fonte: Acervo do autor.

Assim, a várzea possui uma função reguladora de enchentes. Isto é, ela só é ocupada pela água quando a vazão é maior do que o leito menor consegue suportar. Desta forma, o loteamento sustentável não pode ocupar a várzea sem que apresente uma alternativa para não causar transtornos à jusante e tampouco à montante.

Amorim (2004), em sua pesquisa de mestrado, analisou a ocupação em fundos de vales em área urbana e concluiu que é possível compatibilizar a ocupação de várzea e a conservação ambiental. Para tanto, a autora propõe a definição de critérios ambientais apropriados para cada situação, os quais sirvam para a criação de faixas de proteção com restrição de uso e ocupação ao longo dos cursos d'água.

Dos doze critérios norteadores definidos por Amorim (2004, p.86) para o planejamento da ocupação do solo de fundos de vales

urbanos, pode-se destacar o primeiro, que trata da ocupação compatível com possíveis inundações. Para isto, são sugeridos os usos da várzea como:

- a) Áreas verdes e áreas de lazer para a população: bosques, jardins, hortos, parques, praças, áreas esportivas, ciclovias, etc.
- b) Áreas para eventos itinerantes (de maneira a utilizar a área apenas na época da seca): feiras, circos, exposições.
- c) Áreas para hortifruticultura (tomando-se as devidas precauções sanitárias).
- d) Áreas para retenção de água: lagos, represas, reservatórios (“piscinões”).

Desta forma, para os loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico local, pode-se sugerir que nestes só seja permitida a ocupação da várzea para os fins citados por Amorim (2004). Logo, esta sugestão será objeto de questionamento no método Delphi.

#### *e) Ineficiente gestão territorial da ocupação urbana*

Conforme se pode observar nos itens anteriores, há situações em que a falta do planejamento territorial, por parte da administração municipal, implica em prejuízos à qualidade do sistema de drenagem e, conseqüentemente, agravam-se os problemas com as inundações, conforme relata Nóbrega (2002).

Tucci (2005) reforça essa citação ao afirmar que o departamento responsável pela aprovação dos projetos pluviais dos loteamentos não exige que o sistema de drenagem leve em consideração o impacto provocado à jusante do loteamento, podendo, dessa forma, transferir a inundação de um local para outro.

Outro ponto no qual se pode observar o problema da gestão territorial são as construções irregulares que ocupam leitos (figura 2.9 (b)) ou margens dos rios dentro dos afastamentos restritos. Conforme já relatado, isso não é legalmente possível e a administração municipal precisa coibir estes casos.

Portanto, faz-se necessário que o município reveja sua forma de administrar a ocupação territorial. Como sugestão, esta pesquisa recomenda o uso do CTM como ferramenta de apoio aos gestores. Com ela, será possível usufruir todas as vantagens que o CTM oferece, conforme descrito no item 2.4.3 desta pesquisa. Além disso, caso a

administração municipal não disponha de recursos humanos suficientes para fiscalizar todo o seu território adequadamente, sugere-se que pelo menos faça a vistoria dos elementos de controle, seguindo a ordem de prioridade definida no fim desta pesquisa.

### **2.3.4 Impactos Ambientais na Paisagem Urbana e Cultural**

O objetivo desta pesquisa é trabalhar com novos loteamentos residenciais, por isso não serão discutidos os impactos provocados na paisagem urbana e cultural, bem como na qualidade urbanística. Isto porque se adota como premissa que a implantação do loteamento será numa área não urbanizada.

Por outro lado, a paisagem natural e a vegetação são diretamente afetadas, principalmente pela terraplanagem executada quando da implantação de um loteamento. No processo da terraplanagem, ocorre a substituição do ecossistema natural por outro totalmente desfavorável estabelecido pelo homem conforme suas necessidades e poder (BARROS et al., 2003). No final do processo de implantação de um loteamento, tem-se uma pequena área verde cujo tamanho deve obedecer à legislação municipal.

A área verde tem uma série de funções. Podem-se destacar: proteção da água de abastecimento, preservação de inundações principalmente através da absorção da água e preservação de áreas de valor paisagístico, arqueológico ou biológico (TOLEDO; SANTOS, 2012).

Em virtude do que foi mencionado, sabe-se que, mesmo com a remoção de parte da vegetação natural para a definição de ruas e lotes, não se pode impedir que o processo de implantação ocorra. Assim, a alternativa é definir uma área mínima de vegetação (área verde) que deve ser mantida em LS quanto ao ciclo hidrológico. Por este motivo, a área verde será objeto de questionamento no método Delphi.

### **2.3.5 Impactos Ambientais na Infraestrutura**

Conforme citado no item anterior, adota-se como premissa que a implantação do loteamento será numa área não urbanizada. Dessa forma, não há necessidade de se analisar os efeitos dos impactos provocados na infraestrutura local, já que esta não existe. Por outro lado, seria possível uma análise do impacto provocado na rede de drenagem,

elétrica, telefônica e nas malhas urbanas às quais o loteamento fará as ligações.

*A priori*, pode-se relatar que o empreendedor deve solicitar a viabilidade de ligação das respectivas infraestruturas do loteamento com a infraestrutura existente no município. O departamento responsável da prefeitura deve analisar o impacto provocado na infraestrutura para liberar ou não a construção do loteamento. Uma análise mais aprofundada deste tópico fica como sugestão para trabalhos futuros.

### **2.3.6 Impactos Ambientais no Solo**

Os impactos ambientais provocados no solo com a implantação de loteamentos tem seu início com o desmatamento da área do empreendimento, conforme apresentado no item 2.3.4. Os efeitos desta ação estão diretamente relacionados com itens já descritos, como erosão, assoreamento dos rios, aumento do pico e da velocidade da água pluvial etc., conforme relatado por: Leopold (1968); Livingston e Mccarron (1992); Carrijo e Baccaro (2000); Tucci (2001); Mota (2003); Andrade (2005); e Falcão et al. (2009), entre outros. Por este motivo, tais efeitos não serão tratados novamente – será realizada somente uma breve discussão sobre erosão.

O processo de erosão ocorre principalmente durante a implantação de um loteamento. Neste momento, a cobertura verde é removida e o solo fica desprotegido, podendo ocorrer erosão em período chuvoso (TUCCI, 2008). O tipo de solo é um dos fatores determinantes para a existência ou não de erosão durante a terraplanagem de um loteamento. Portanto, é fundamental conhecer previamente o tipo de solo para realizar o planejamento da terraplanagem (GOMES et al., 2012).

Assim, como o problema de erosão ocorre principalmente durante a terraplanagem do loteamento, este item não será considerado como elemento de controle. No entanto, é recomendável que seja feito o devido planejamento da terraplanagem de forma a evitar problemas com erosões.

## **2.4 CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO**

Neste item, apresenta-se inicialmente uma breve definição do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) e na sequência versa-se sobre objetivos e vantagens do CTM. Em seguida aborda-se a discussão a respeito das disposições gerais e da multifinalidade do cadastro. Por



fim, mostra-se como o CTM pode ser uma ferramenta adequada para o planejamento e a gestão urbana.

Com isso, pretende-se ostentar a viabilidade de aplicação do CTM na gestão dos elementos considerados em loteamentos que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local.

#### **2.4.1 Definição de Cadastro Territorial Multifinalitário**

Para Loch e Erba (2007), ainda não há consenso na definição de Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) e suas funções, principalmente devido às diferentes conotações originadas na filosofia dos profissionais atuantes nas áreas e legislações de cada nação.

Por isto, foram analisadas as visões de diversos autores sobre o tema, como Burity e Brito (1998), FIG (1995), Galati (2006), Loch (2005), Loch e Erba (2007), Lima, Cordini, Loch (2000), Oliveira (2010-b), Saboya et al. (2005), entre outros, e decidiu-se adotar neste trabalho a recomendada por Burity e Brito (1998). Estes autores, após estudo mais aprofundado sobre uma proposta de padronização de terminologia, resolveram adotar a definição dada pela Federação Internacional de Geômetras (FIG), em 1995:

O Cadastro é um sistema de informação baseado na parcela, que contém um registro de direitos, obrigações e interesses sobre a terra. Normalmente, inclui sua descrição geométrica, unida a outros arquivos que descrevem a natureza dos interesses de propriedade ou domínio e, geralmente, o valor e as construções que existem sobre a parcela. O cadastro pode ser estabelecido com propósitos fiscais (por exemplo a avaliação e a imposição de contribuições justas), com propósitos legais, ou como apoio a gestão e uso da terra (para planejar o território), facilitando o desenvolvimento sustentável e a proteção do meio ambiente.

Em outras palavras, pode-se dizer que o CTM é uma base cartográfica e alfanumérica que descreve sistematicamente tanto a área urbana quanto a rural, essencialmente através da representação das parcelas territoriais e suas edificações, estabelecendo univocamente o

vínculo de cada menor unidade do cadastro com o registro de imóveis, assegurado o seu regime jurídico (SABOYA, 2010).

#### **2.4.2 Objetivos e Vantagens do CTM**

Os objetivos principais do CTM, de acordo com Loch (2005, p.76), são os seguintes itens:

- a) coletar e armazenar informações descritivas do espaço urbano;
- b) manter atualizado o sistema descritivo das características das cidades;
- c) implantar e manter atualizado o sistema cartográfico;
- d) fornecer dados físicos para o planejamento urbano, informações que estão sempre amarradas ao sistema cartográfico, respeitando o nível de detalhamento da escala da carta;
- e) fazer com que o sistema cartográfico e o descritivo gerem as informações necessárias à execução de planos de desenvolvimento integrado da área urbana;
- f) tornar as transações imobiliárias mais confiáveis, através da definição precisa da propriedade imobiliária;
- g) colocar os resultados do cadastro urbano à disposição dos diversos órgãos públicos envolvidos com a terra, jamais se esquecendo do cidadão e contribuinte;
- h) facilitar o acesso rápido e confiável aos dados gerados pelo cadastro a todos os usuários que precisam de informações.

Quanto às vantagens do CTM, Loch (2005, p.76) enumera uma série delas, e as principais para esta pesquisa são:

- a) localização geográfica de todos os imóveis da cidade;
- b) ocupação ou finalidade de cada imóvel;
- c) uso atual do solo dentro de cada imóvel;
- d) declividade do solo;
- e) delimitação de cada unidade imobiliária;
- f) estrutura fundiária e identificação das diferentes glebas;
- g) base para a implementação de infraestrutura;

- h) subsídios para a melhor viabilização de projetos de engenharia, segundo as prioridades do mercado e dos investimentos públicos;
- i) base para o gerenciamento da construção civil.

Diante destes objetivos e destas vantagens do CTM, é possível perceber que o cadastro pode ser a ferramenta ideal para vincular às parcelas (lotes, ruas, etc.) e os elementos de controle de loteamentos residenciais que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local.

Isto será possível devido ao objetivo do cadastro de *“fornecer dados físicos para o planejamento urbano”* (LOCH, 2005), bem como à *“função jurídica, que se refere à determinação dos direitos de propriedade”* (SABOYA et al., 2005), haja vista que, dessa forma, pode-se adicionar informações físicas às parcelas e impor exigências ao uso destas.

### 2.4.3 Disposições Gerais do CTM

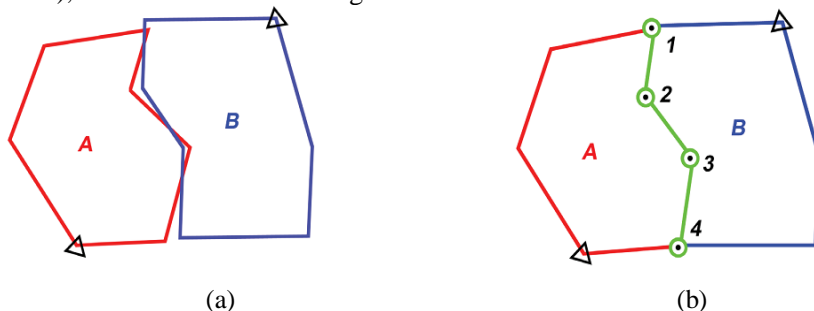
No Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), a parcela territorial é considerada como a menor unidade cadastral. Conforme Brasil (2009-a), *“é considerada parcela cadastral toda e qualquer porção da superfície no município a ser cadastrada”*.

No território, as parcelas se apresentam contínuas e contíguas, de forma que não se sobrepõem umas às outras nem deixem vazios entre elas. Portanto, é importante reforçar a ideia de que, na condição de contiguidade territorial, mesmo arruamentos, praças, lagos, rios, entre outros, devem ser modelados por uma ou mais parcelas cadastrais territoriais. O cadastramento é concluído quando a área do município e a área cadastrada forem as mesmas (PHILIPS, 2010).

Sob esta condição, as parcelas são identificadas por meio de um código identificador unívoco e exclusivo, que traz consigo a facilidade de vinculação da parcela ao cartório de registro de imóveis (OLIVEIRA, 2010-a). Um único imóvel no loteamento sustentável pode ser composto de uma ou mais parcelas, portanto um imóvel pode ser modelado por um conjunto de parcelas (PHILIPS, 2006).

Para se conseguir a continuidade das parcelas, deve-se fazer um levantamento único do limite entre elas e a demarcação do limite pela sequência de vértices comuns. Através do uso das coordenadas referenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro, pode-se relocar a

qualquer momento os pontos metodicamente levantados (PHILIPS, 2010), conforme ilustrado na figura 2.17.



**Figura 2.17 – (a) Imóveis não contínuos e (b) Imóveis contínuos.**

Fonte: Philips (2010).

Cada parcela é identificada por um código exclusivo e estável, que serve como chave de acesso às informações cadastradas. O identificador da parcela é numérico com dígitos suficientes para representar todas as parcelas existentes, bem como aquelas que poderão ser criadas com desmembramentos e loteamentos (PHILIPS, 2010).

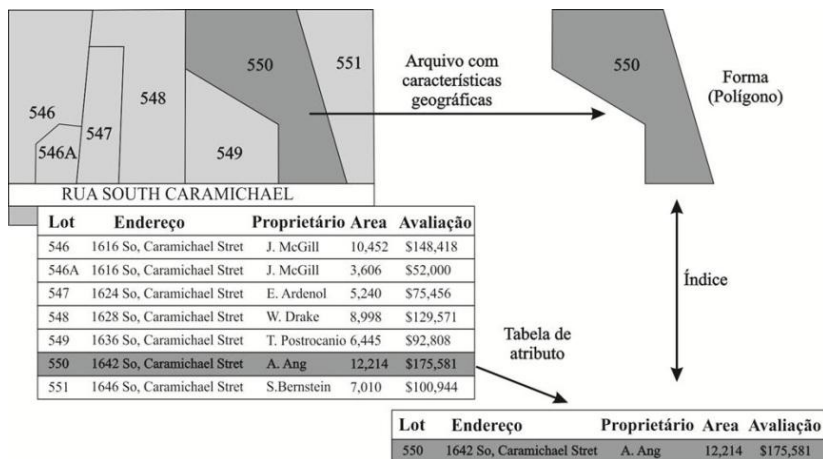
O cadastro dessas parcelas é o fundamento para qualquer outro cadastro temático. Este, por sua vez, tem seu próprio objetivo e se refere, muitas vezes, a objetos distintos (PHILIPS, 2010).

Em um cadastro de parcelas, a integração entre as informações gráficas (cartográficas) e alfanuméricas (uso do solo, proprietário, número de pavimentos, etc.) é geralmente realizada pelos SIGs (Sistemas de Informações Geográficas). Segundo Galati (2006), um dado geométrico representado por vetores (pontos, linha ou área) é indexado por um vínculo aos respectivos atributos, e é possível um dado espacial ter vários atributos armazenados na forma de tabela.

No caso do CTM, esses dados espaciais são representados pelas parcelas e seus atributos são armazenados em tabelas, e cada parcela possui uma linha com tantas colunas quantas forem necessárias para armazenar as informações descritivas desejadas. Desse modo, a planilha de dados literais tem tantas linhas quantas parcelas tenha o CTM e tantas colunas quanto determine o nível de detalhamento desejado ao cadastro (OLIVEIRA, 2010-a).

A figura 2.18 demonstra a forma pela qual os dados gráficos e literais são associados.

**Figura 2.18 – Integração entre informações gráficas e alfanuméricas.**



Fonte: Adaptada de Galati (2006).

Conforme ilustrado na figura 2.18, as parcelas territoriais foram representadas por polígonos, receberam uma identificação unívoca e foram referenciadas numa tabela com colunas que continham diversos dados referentes à parcela.

Esse modelo vem ao encontro dos objetivos desta pesquisa, haja vista que, deste modo, é possível armazenar as informações dos elementos de controle dos loteamentos que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local.

A representação das parcelas no mapa cartográfico, conforme ilustrado na figura 2.18, é feita através de polígonos. Além dessa forma geométrica, usam-se pontos e linhas para representar os demais elementos. Os pontos podem indicar um medidor de água, um poste, uma árvore, etc.; as linhas podem representar as redes de serviços, como o sistema de água, esgoto, eletricidade, etc. (LOCH, 2005).

## 2.4.4 Multifinalidade do CTM

O CTM é um sistema integrado de informações territoriais de natureza qualitativa e quantitativa: contempla aspectos econômicos, físicos, jurídicos tradicionais, bem como dados ambientais e sociais do imóvel e das pessoas que o habitam (LOCH; ERBA, 2007).

O cadastro é um recurso técnico-científico que garante informações fideis do espaço urbano ou rural e fornece subsídios para planejamento e gestão da ocupação. Desta forma, o CTM adquire não só função jurídica e econômica, mas também social e ecológica (OLIVEIRA, 2010-b).

Esta última função do CTM vem ao encontro do objetivo desta pesquisa e mostra mais uma vez que o cadastro é a ferramenta adequada para se trabalhar com loteamentos sustentáveis.

Para o cadastro territorial ser multifinalitário, ele precisa atender ao maior número de usuários possíveis. Com isso, o sistema acaba sendo complexo, porém o uso da tecnologia facilita o acesso para os profissionais que necessitem de informações sobre as parcelas (LOCH, 2005).

Com os identificadores devidamente associados às respectivas parcelas e compartilhados entre os usuários do sistema, podem-se realizar análises espaciais com maior segurança e praticidade. Através desse procedimento, geram-se cenários futuros e cartas temáticas atuais por combinação de dados provenientes de diferentes fontes. No caso de o cadastro ser digital e integrado a um SIG, as possibilidades de análise se multiplicam e o CTM transforma-se em uma grande fonte de informações (OLIVEIRA, 2010-b).

Conforme descrevem Loch e Erba (2007), o princípio básico do funcionamento da multifinalidade do cadastro é a adoção de uma base parcelária única. Deste modo, é possível cruzar e intercambiar dados provenientes de múltiplas fontes. Isto implica a necessidade de atualização dos dados pelos respectivos usuários, portanto os vários cadastros temáticos que formam o CTM são administrados por uma ou mais organizações.

A base cadastral, conforme descreve Oliveira (2010-b, p.92), é composta de:

Carta referente ao cadastro imobiliário: base gráfica que representa a situação geométrica de uma propriedade em relação a outras propriedades em escala adequada;

Base geométrica: registro do levantamento técnico em forma de medições, cálculos, listas de coordenadas, arquivos de croquis, demarcação parcelar, amarrado à Rede de Referência Cadastral Municipal e ao SGB (Sistema Geodésico Brasileiro);

Registro das parcelas: registro público das parcelas e dos lotes com os atributos mais importantes;

Proprietários e direitos: registro legal de proprietários e informações obtidas a partir dos registros imobiliários do Registro de Imóveis. (grifo nosso)

Com a integração do cadastro, será possível o desenvolvimento do Sistema de Cadastro e Registro Territorial (SICART). Este é formado pelos dados do CTM correlacionados às informações constantes no Registro de Imóveis (RI). Desta forma, será possível a implantação de um sistema multifinalitário que permite realizar análises espaciais através dos bancos de dados cadastrais temáticos (OLIVEIRA, 2010-b).

Quanto aos mapas que compõem o CTM, Loch (2005) apresenta os seguintes como sendo os principais:

- a) cadastro da rede viária urbana;
- b) cadastro da rede de drenagem;
- c) cadastro imobiliário;
- d) cadastro planialtimétrico urbano;
- e) cadastro tributário;
- f) cadastro de área verde e de lazer;
- g) cadastro de serviços de infraestrutura.

Estes serviços podem ser representados por uma série de mapas cadastrais, por exemplo:

- 1. rede de águas pluviais;
- 2. rede de água potável;
- 3. rede de esgoto sanitário;
- 4. rede de energia elétrica;
- 5. rede de telefonia;
- h) cadastro de glebas.

Logo, podem-se usar as informações dos elementos de controle dos loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico local e desenvolver mapas temáticos dos LS. Desta forma, será possível realizar o controle e a gestão destes através do CTM.

## **2.4.5 CTM como Ferramenta de Planejamento e Gestão Urbana**

Historicamente, a gestão municipal estabeleceu-se a partir do levantamento, do processamento e da análise de dados exclusivamente alfanuméricos, com a preocupação de quando e como os problemas acontecem, mas sem saber com clareza onde ocorrem. Com isto, as ações para resolver esses problemas não são executadas onde deveriam, com um custo mais alto e sem o efetivo resultado esperado.

A gestão municipal precisa saber onde ocorrem os problemas. O CTM vem auxiliar a administração do município principalmente na localização geográfica das informações alfanuméricas, transformando-as em informações geográficas (CORDOVEZ, 2002).

Cordovez (2002) reforça que o fato de conhecermos onde os problemas ocorrem e ter visão espacial, facilitam o entendimento e indicam as possíveis soluções ou a única solução. Para ressaltar isto, este último autor relembra o caso do célebre Dr. Snow, que, em 1854, controlou uma epidemia de cólera em Londres através do mapeamento dos óbitos. Com essa ação, ele descobriu a concentração de casos em torno de um poço, o qual foi lacrado, diminuindo a incidência da doença na cidade. Este fato demonstra o espírito do CTM e ilustra seu principal objetivo, de auxiliar na tomada de decisões.

Neste contexto, Erba et al. (2005) ressaltam que o CTM se constitui como a melhor ferramenta para o planejamento das cidades, propiciando a localização e delimitação precisa dos imóveis, bem como sua ocupação e seu uso atual, entre outros aspectos.

Saboya et al. (2005) concordam com Erba et al. (2005) e observam que as aplicações do CTM no planejamento e na gestão urbana são praticamente ilimitadas, atuando em praticamente todas as etapas do processo. Carvalho e Leite (2009) apoiam as ideias de Saboya et al. (2005) e reforçam-nas com as seguintes aplicações: informações básicas do relevo, hidrografia, geomorfologia, área de expansão urbana, análises de interesses ambientais, entre outras.

Além disso, o CTM permite a visualização das áreas impermeabilizadas de um loteamento, com uma visão espacial das parcelas com respectivas taxas de impermeabilização. Assim, podem-se verificar as situações mais críticas e fiscalizar o funcionamento das compensações realizadas devido à impermeabilização do solo, deixando-se para outro momento as áreas menores.



### 2.4.6 Conclusões Sobre o Tema

Tendo em vista os aspectos observados e pelo fato de o CTM ser uma base cartográfica e alfanumérica que descreve sistematicamente tanto a área urbana quanto a rural através de parcelas territoriais, pode-se concluir que o CTM apresenta-se como a ferramenta ideal para o planejamento e a gestão municipal.

Além disso, verificaram-se as inúmeras aplicações do CTM. Com este cadastro, pode-se fazer a gestão e o controle dos elementos de referência para loteamentos que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local.

### 2.5 MÉTODO DELPHI

Neste tópico, apresenta-se o método que será usado para seleção e ordenação dos elementos de referência dos loteamentos sustentáveis, o método Delphi.

Para Powell (2003), a compreensão dos princípios e das práticas do método Delphi pode ser confusa, principalmente para quem inicia neste campo. Também pode ser difícil distinguir entre uma verdadeira falta de rigor metodológico e o fato de que o Delphi apresenta-se em diferentes formas. Para diminuir essas dificuldades, neste tópico indicam-se a definição do método, o procedimento de aplicação do método e suas vantagens e desvantagens.

#### 2.5.1 Definição do Método Delphi

Segundo Dalkey e Helmer (1963), o método Delphi foi desenvolvido pela Research and Development (RAND) Corporation na década de 1950 para fazer previsões sobre problemas complexos na área militar. Atualmente, o método Delphi vem sendo usado não somente para fazer previsões, mas para obter respostas de problemas de diversas áreas.

Em sua essência, o método Delphi é uma série de questionários aplicados sequencialmente (em rodadas) com especialistas, e as rodadas são intercaladas com um respectivo *feedback*, visando-se à convergência das opiniões dos participantes (LINSTONE; TUROFF, 2002).

Segundo Rowe e Wright (1999), as principais características do método Delphi são:

- 1) Anonimato: garantido pelo envio dos questionários sem a identificação dos participantes. Com isto, eliminam-se as pressões sociais indevidas que normalmente encontram-se em discussões de

mesa redonda, como a persuasão pelo especialista de maior prestígio (ONO; WEDEMEYER, 1994);

2) Iteração: processo sequencial de questionários intercalados com *feedback*. Com a iteração do questionário, os indivíduos têm a oportunidade de mudar suas opiniões e seus julgamentos sem receio dos demais especialistas (ROWE; WRIGHT, 1999);

3) Feedback: retorno do questionário aos especialistas com o resumo das respostas do grupo. Com isto, permite-se que os participantes revisem suas respostas e, se acharem necessário, alterem-nas, sendo apresentada opção para serem expostas as razões da mudança (JOLSON; ROSSOW, 1971);

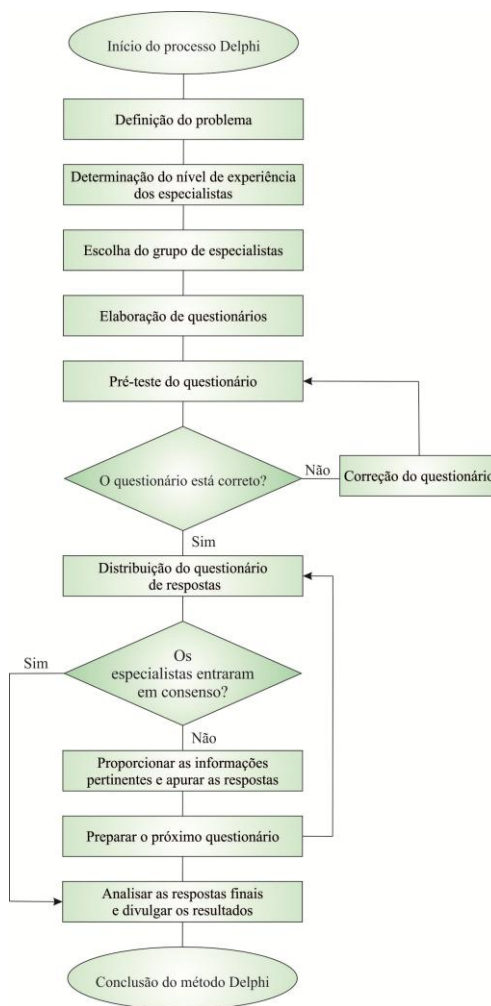
4) Agregação das respostas: uso do conjunto das respostas que ficam próximas da média, ou seja, convergência das respostas.

O procedimento do método Delphi requer alguns passos que serão esclarecidos no tópico seguinte.

### **2.5.2 Procedimento do método Delphi**

A figura 2.19 apresenta o fluxograma de aplicação de um típico processo Delphi, conforme Riggs (1983) e Zapata (1995).

**Figura 2.19 – Fluxograma de aplicação do método Delphi.**



Fonte: Adaptado de Riggs (1983).

O processo tem início com a definição do tema de pesquisa na qual se pretende usar o método Delphi. O passo seguinte é definir o nível de experiência que se deseja dos especialistas participantes.

Depois, selecionam-se os participantes. Conforme recomendam Rowe e Wright (1999), essa seleção deve ser feita de forma criteriosa

para que se tenha um resultado satisfatório. Para tanto, nesta pesquisa será adotado o método desenvolvido por Zapata (1995). Este procedimento será apresentado após a apresentação das etapas do método Delphi.

A próxima etapa do procedimento do método Delphi é a elaboração do questionário. Este deve ser estruturado de forma a seguir os princípios do método, com perguntas pertinentes ao tema, para se obter uma primeira estimativa sobre o valor dos elementos desejados (ZAPATA, 1995). O questionário deve ser estruturado com cada item de modo isolado, pois a relação entre uma característica e outra será construída pela aplicação do modelo (MOURA, 2007). Além disso, neste questionário podem ser adicionadas informações para dar subsídios aos especialistas nas suas respostas.

Definidas as perguntas, realiza-se um pré-teste com o questionário para verificar a sua aplicabilidade. Segundo Souza (2008, p.135), o pré-teste possui os seguintes objetivos:

- a) verificar se os termos utilizados nas perguntas são de compreensão dos respondentes;
- b) verificar se as perguntas estão sendo entendidas como deveriam ser;
- c) verificar se as opções de resposta nas perguntas fechadas estão completas;
- d) verificar se a sequência das perguntas está correta;
- e) verificar se não há objeções na obtenção das respostas;
- f) verificar se a forma de apresentar a pergunta não está causando viés;
- g) cronometrar o tempo de aplicação.

Uma alternativa para se realizar o pré-teste é aplicá-lo com uma pessoa que conhece o tema, mas não é um dos especialistas que serão consultados e tampouco participou do processo de confecção do formulário. Caso necessário, após esta avaliação reformula-se o questionário.

O passo seguinte é o envio do formulário aos participantes. Para tanto, deve-se garantir o anonimato. Com o retorno das respostas, o resultado dessa primeira enquête é analisado, a partir da média, moda, desvio-padrão e amplitude interquartil das respostas obtidas.

Concluída a primeira análise do questionário Delphi, os resultados com os dados estatísticos de cada resposta são enviados ao

grupo de especialistas, bem como os comentários realizados pelos participantes e pelo mediador. Na segunda rodada, os especialistas podem alterar suas respostas, porém é solicitado que informem os motivos das mudanças. Esse procedimento é conhecido como *feedback* controlado (ROWE; WRIGHT, 1999).

Após o retorno dos formulários com as respostas da segunda rodada, analisa-se a convergência das respostas. Caso se tenha chegado a esta convergência, realizam-se as análises finais e envia-se um relatório com os resultados para os participantes. Caso contrário, aplica-se uma nova rodada.

Para se verificar se atingiu o consenso, segundo Linstone e Turoff (2002) não há regras definitivas, embora a segunda rodada normalmente traga a convergência de opinião. Para tanto, nesta pesquisa será considerado o consenso de opiniões quando o coeficiente de variação for menor que 30%, conforme adotado por Cardoso et al. (2005). Williams e Webb (1994) reforçam esta escolha, relatando que importantes pesquisas usaram também este valor.

Devido a variação no consenso tem surgido, nos últimos anos, estudos sobre “*Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation*” que buscam uma abordagem sistemática para a análise de sensibilidade e incerteza nas técnicas de Análise de Decisão Multicritério (MCDA), podendo-se citar a pesquisa apresentada por Feizizadeh (2013). Deixa-se com sugestão para pesquisas futuras a análise da sensibilidade e incerteza nos resultados da aplicação do método Delphi.

### 2.5.3 Elaboração de questionários

A confecção do questionário é um dos itens fundamentais no método Delphi. O questionário precisa ser estruturado de forma a viabilizar uma primeira estimativa para a informação desejada. Durante a formulação, deve-se levar em consideração o que Souza (2008) relata como objetivos do pré-teste Delphi, citados no item anterior, isto é: usar termos de compreensão dos participantes, adotar sequência adequada de perguntas, não fazer questionários longos, entre outros.

Para Loveridge, conforme cita Ribeiro (2009), as perguntas devem respeitar as seguintes regras básicas:

- a) Não deve haver ambiguidade;
- b) Não pode haver declaração condicional para outra pergunta. Cada questionamento deve ser independente;

- c) Os termos científicos ou tecnológicos devem ser usados corretamente;
- d) Os elementos adotados devem ter definições claras e concisas.

Após a avaliação de 60 questões de um formulário de uma pesquisa Delphi, Loveridge concluiu que uma pergunta considerada adequada deve ter entre 10 e 30 palavras.

Quanto à dimensão do questionário, não há um consenso entre os pesquisadores. Marconi e Lakatos (2002) sugerem que o questionário deve conter entre 20 e 30 perguntas e que o tempo de aplicação deve ser de aproximadamente 30 minutos. Além disso, as autoras salientam que tais valores não são fixos para todas as situações, pois podem variar de acordo com o tipo de pesquisa e os informantes. Wright e Giovinazzo (2000) concordam que não há um número específico de questões e recomendam trabalhar com um número aproximado de 25 perguntas.

Desta forma, trabalhou-se com um número de 25 perguntas e com um tempo médio de resposta de 30 minutos.

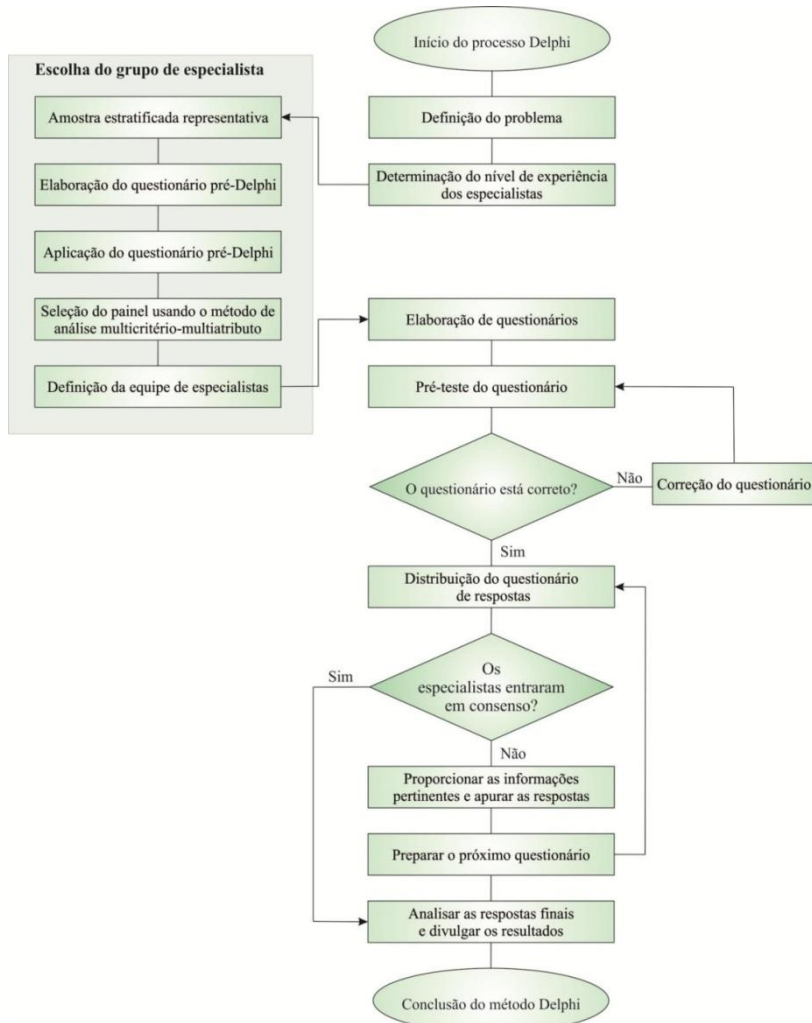
#### **2.5.4 Seleção dos Especialistas: integração com análise multicritério-multiatributo**

Conforme já foi citado, a seleção dos especialistas também precisa ser feita de forma criteriosa. Para tanto, Zapata (1995) desenvolveu um método através da análise multicritério-multiatributo. Este modelo auxilia o modelador do processo Delphi na estimativa de elementos de avaliação, levando-se em consideração opiniões e conhecimento do grupo de especialistas que se pretende selecionar.

O uso do método multicritério-multiatributo permite a escolha de especialistas de modo seletivo e com qualidade, de acordo com vários critérios ou atributos definidos em conformidade com as características do projeto em estudo (ZAPATA, 1995).

A figura 2.20 apresenta o fluxograma de aplicação do método Delphi integrado à análise multicritério-multiatributo.

**Figura 2.20 – Fluxograma do método Delphi integrado à análise multicritério-multiatributo.**



Fonte: Adaptado de Zapata (1995).

Conforme se pode observar na figura 2.20, a escolha do grupo de especialistas foi subdividida em cinco fases, explicadas nos itens a seguir.

*a) Amostragem estratificada representativa*

Consiste em realizar um levantamento das pessoas com formação e experiência profissional no campo da avaliação do objeto de estudo. Esse arrolamento visa identificar um número abrangente de especialistas na área de análise para que seja possível definir um grupo com conhecimentos no tema da pesquisa.

*b) Elaboração do questionário pré-Delphi*

Segundo Zapata (1995), o questionário pré-Delphi visa avaliar a habilidade e o grau de experiência dos participantes, bem como realizar o levantamento de informações pessoais, tais como: idade, sexo, cargo ou cargos que ocupa/ocupou, tempo e experiência profissional, formação superior, endereço e telefone para contato.

Deve-se elaborar o questionário pré-Delphi com perguntas que envolvam os critérios desejados. No estudo desenvolvido por Zapata (1995) para determinação de elementos de referência como suporte à Avaliação Social de Projetos (ASP), o autor fez uso de seis critérios: experiência profissional na área de ASP; acesso à informação relevante; contato com outros especialistas da área; conhecimento dos métodos de ASP; conhecimento dos elementos de ASP; e conhecimento das políticas de desenvolvimento.

Nesta pesquisa, utilizou-se desses critérios e outros específicos da área de estudo. No método de pesquisa, capítulo 3 deste material, apresentam-se os critérios adotados.

*c) Aplicação do questionário pré-Delphi*

Realizada a pré-seleção dos especialistas e concluído o questionário pré-Delphi, este é enviado ao grupo selecionado juntamente com uma explicação do objetivo de tal formulário. O passo seguinte é realizar as análises do retorno da aplicação, descritas no item seguinte.

*d) Seleção do painel através do método de análise multicritério-multiatributo*

O método de análise multicritério-multiatributo desenvolvido por Zapata (1995) organiza os resultados numa tabela para se chegar a um *ranking* dos especialistas. A tabela 2.2 apresenta o modelo, adotado nesta pesquisa.



**Tabela 2.2 – Seleção multicritério-multiatributo de especialistas**

<b>Critério</b>	<b>Peso</b>	<b>Especialistas</b>				
		$E_1$	$E_2$	$E_3$	...	$E_m$
Experiência profissional na área de ASP	$w_1$	$g_{1,1}$	$g_{1,2}$	$g_{1,3}$	...	$g_{1,n}$
Acesso à informação relevante	$w_2$	$g_{2,1}$	$g_{2,2}$	$g_{2,3}$	...	$g_{2,n}$
Contato com outros especialistas da área	$w_3$	$g_{3,1}$	$g_{3,2}$	$g_{3,3}$	...	$g_{3,n}$
Conhecimento dos métodos de ASP	$w_4$	$g_{4,1}$	$g_{4,2}$	$g_{4,3}$	...	$g_{4,n}$
Conhecimento dos elementos de ASP	$w_5$	$g_{5,1}$	$g_{5,2}$	$g_{5,3}$	...	$g_{5,n}$
Conhecimento das políticas de desenvolvimento	$w_6$	$g_{6,1}$	$g_{6,2}$	$g_{6,3}$	...	$g_{6,n}$
<b>Função de utilidade</b>		$U_1$	$U_2$	$U_3$	...	$U_n$

Fonte: Adaptado de Zapata (1995).

A tabela de seleção multicritério-multiatributo de especialistas (tabela 2.2) apresenta, na primeira coluna, a descrição dos critérios adotados, e na primeira linha são alocados os especialistas ( $E_n$ ). Com o retorno da aplicação do questionário pré-Delphi, os resultados são inseridos na tabela (ou matriz de multicritérios) com os julgamentos de valores ( $g_{i,n}$ ) usando-se uma escala de 0 a 10 (ZAPATA, 1995).

A segunda coluna ( $W_i$ ) representa o peso atribuído para cada critério. Zapata (1995) comenta que esse peso normalmente possui a mesma importância. Nesta pesquisa, pretende-se seguir a sugestão deste último autor, considerando-se o peso igual para todos, assumindo-se o valor 1.

O passo seguinte é calcular a função de utilidade de cada especialista conforme definido por Zapata (1995), representada pela equação 2.1:

$$U(g_n) = \sum_{i=1}^m w_i \cdot g_{i,n} \quad \text{Equação 2.1}$$

Em que  $U(g_n)$  é a função de utilidade de cada especialista;  $n$ , o número de especialistas; e  $m$ , o número de critérios adotados.

Conforme supracitado, o valor de  $W_i$  será o mesmo para todos os critérios (igual a 1). Assim, a equação 2.1 pode ser simplificada, ficando da seguinte forma:

$$U(g_n) = \sum_{i=1}^m g_{i,n} \quad \text{Equação 2.2}$$

O passo seguinte é organizar os resultados e definir/selecionar os especialistas que vão compor a equipe para responder o questionário Delphi. Este procedimento será visto no item seguinte.

#### *e) Definição da equipe de especialistas.*

Com o cálculo da função de utilidade de cada especialista concluído, os especialistas são classificados em ordem crescente dos resultados dessa função. Os maiores valores encontrados são colocados no topo da classificação.

Para Zapata (1995), os especialistas devem ser selecionados através de um valor mínimo de corte. Isto é, aqueles que possuem resultado inferior a esse valor devem ficar de fora do grupo de especialistas. No entanto, este autor não define qual deve ser o valor mínimo considerado e tampouco como obtê-lo.

Nesta pesquisa, adotou-se como critério de corte os resultados que ficaram dentro do primeiro quartil ( $Q_1$ ). Este último é definido como sendo o valor que divide os primeiros 25% da amostra agrupada em ordem crescente. Foram desconsiderados os 25% que tiveram os resultados mais baixos da análise multicritério.

Com isto, conclui-se a seleção dos especialistas e pode-se aplicar o questionário Delphi de acordo com o explicado anteriormente.

### **2.5.5 Número de participantes**

Não há um consenso entre os autores quanto ao número preciso de participantes para a aplicação do método Delphi. Para Fink et al. (1984), este número varia de acordo com a extensão do problema e os recursos disponíveis.

Para Murphy et al. (1998), não foi possível observar grandes vantagens entre uma pesquisa realizada com um número alto de especialistas (acima de 20) e outra com um número pequeno (menos de 10), mas o recomendável é ter no mínimo 10 participantes. Duffield

(1993) conclui que o número de participantes não interfere no nível de consenso. Para chegar a essa conclusão, a autora realizou uma pesquisa com dois grupos de especialistas distintos, um com 16 participantes e outro com 34 participantes, e obteve similaridade nos resultados. Este é o princípio do Expert System, o qual indica que, segundo Moura (2005), o especialista, mesmo ao estimar uma resposta, chega muito perto da verdade por sua visão especialista.

Zapata (1995) salienta que, quando se usa o método Delphi, não se busca a quantidade de especialistas ou a representatividade destes sobre o universo de especialistas, mas sim a qualidade para tratar o problema em análise. Powell (2003) vai ao encontro deste último autor quando cita que o método Delphi não procura especialistas para atender a amostras representativas com fins estatísticos; o objetivo é a qualidade do painel de especialistas.

Ainda segundo Powell (2003), não se deve pensar em números representativos de participantes, mas sim que os membros estejam dispostos e interessados em dar contribuições válidas para a pesquisa.

Para Delbecq et al. (1975), o tamanho do grupo de especialistas é variável, e pode ser considerado suficiente um número entre 10 e 15 participantes. Vichas (1982), citado por Wright e Spers (2006), é mais conservador e enfatiza que o grupo deve ter entre 15 e 30 especialistas.

Levando-se em consideração o que os autores supramencionados relatam, será adotado nesta pesquisa um número mínimo de 15 especialistas participantes em todas as etapas do método Delphi.

### **2.5.6 Justificativa da Seleção do Método**

Para determinar quais elementos devem ser considerados em loteamentos visando-se à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local, será adotado o método Delphi em detrimento dos outros existentes devido à adequação das características deste método com a proposta desta pesquisa. Além disso, priorizou-se o método Delphi devido a inúmeros pontos importantes no mesmo. Um dos pontos importantes deste método é o fato de já ter sido aplicado em diversas áreas, e são de conhecimento de Linstone e Turoff (2002) as seguintes:

- a) Coleta de dados atuais e históricos, não exatamente conhecidos ou disponíveis;
- b) Análise da importância e dos significados dos acontecimentos históricos;

- c) Avaliação de dotações orçamentárias possíveis;
- d) Exploração de opções de planejamento urbano e regional;
- e) Planejamento de *campus* universitário e desenvolvimento curricular;
- f) Avaliação conjunta da estrutura de um modelo;
- g) Definição de prós e contras associados às opções políticas potenciais;
- h) Desenvolvimento de relações causais em fenômenos econômicos ou sociais complexos;
- i) Distinção e clarificação de motivações humanas reais e percebidas.

Conforme se pode observar na lista anterior, aplicou-se o método Delphi na área de planejamento urbano e regional. Isto mostra que o método também pode ser adotado no planejamento de loteamentos sustentáveis, haja vista que os LS fazem parte da área urbana e regional.

Além das aplicações descritas por Linstone e Turoff (2002), podem-se exemplificar outras que foram realizadas no Brasil e que também usaram o método Delphi:

- a) Identificação das principais tendências da saúde no Brasil para a primeira década do século XXI (PIOLA; VIANNA; VIVAS-CONSUELO, 2002);
- b) Estudo prospectivo da cadeia produtiva da construção civil no Brasil, na produção e comercialização de unidades habitacionais urbanas, considerando o horizonte 2003-2013 (CARDOSO et al., 2005);
- c) Projeto “Brasil 3 Tempos”, coordenado pelo Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, realizado durante o período 2004-2005 por uma equipe do Instituto de Estudos Avançados (IEA) da Universidade de São Paulo (USP), para estruturar um conjunto de cenários para o País em 2022 (WRIGHT; SPERS, 2006);
- d) Contribuição ao estudo do impacto ambiental das pilhas a combustíveis de média e baixa temperatura, em longo prazo (RIBEIRO, 2009);
- e) Identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de fábrica digital (DE CARLI et al., 2010);
- f) Identificação dos fatores a serem avaliados no processo de tomada de decisão para aplicação dos recursos arrecadados de

- um órgão executivo de trânsito (MARQUES; MACHADO, 2010);
- g) Hierarquização dos pesos das variáveis de análise do uso e da ocupação do solo nas proximidades de linhas de transmissão de energia elétrica da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) (MOURA et al., 2010);
  - h) Método para gerenciamento integrado de bacia hidrográfica com adoção de indicadores sócio-econômico-ambientais (AMBONI, 2011);
  - i) Estudo sobre futuro das bibliotecas brasileiras em 2018 (COSTA, 2012).

Tais estudos demonstram que o método Delphi vem sendo aplicado por diversos pesquisadores às mais variadas áreas e, portanto, é atual e também pode ser aplicado ao objeto desta pesquisa.

Outro ponto que levou o uso do método Delphi em detrimento dos demais existentes é o fato de esta técnica ser destinada ao uso no julgamento e na previsão de situações em que modelos estatísticos puros não são práticos ou possíveis devido à falta de dados históricos e/ou econômicos e/ou técnicas apropriadas, sendo necessário algum formulário com a entrada do julgamento humano (ROWE; WRIGHT, 1999; WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000; LINSTONE; TUROFF, 2002). Powell (2003) concorda e comenta que o método Delphi demonstra ser amplamente utilizado e flexível, e é útil principalmente para se obter consenso em uma determinada área de incerteza ou com falta de evidência empírica.

Deste modo, pode-se observar que o método Delphi é indicado para o objeto desta pesquisa, pois não se tem dados históricos de elementos de controle de loteamentos sustentáveis e é desconhecida uma forma de classificar estes elementos a serem definidos sem que haja necessidade do julgamento humano nas decisões.

Além disso, precisa-se deixar claro, conforme alerta Gupta e Clarke (1996), que o método Delphi não visa forçar o consenso em si, pois o que verdadeiramente se deseja é obter diversas respostas e opiniões para os questionamentos realizados, as quais sejam as mais qualificadas possíveis. Moura (2007) salienta que, para construir uma função de pertinência, indica-se a aplicação do método Delphi. Assim, pode-se concluir que não há método mais apropriado que o Delphi para ser usado quando se quer determinar com especialistas os elementos a serem controlados em um loteamento sustentável, juntamente com a ordem de importância de tais elementos.

## 2.5.7 Vantagens e Desvantagens do Método Delphi

Segundo Delbecq et al. (1975) e Murphy et al. (1998), uma das principais vantagens do método Delphi é a realização de consenso entre especialistas sobre uma determinada zona de incerteza ou com falta de evidência empírica. Ou seja, é chegar a um resultado sobre um questionamento do qual não se dispunha de dados históricos, e esse resultado apresenta a concordância de especialistas com a resposta, pelo menos para a grande maioria das questões.

Para Zapata (1995), esse método é um dos melhores instrumentos disponíveis para realizar uma previsão de natureza qualitativa e sistematizar aquilo que tradicionalmente tem sido assistemático e acidental. Além disso, esse autor apresenta outra série de vantagens do método Delphi:

- a) Evita a dominação de participantes de elevado prestígio ou personalidade importante;
- b) Permite a opinião de indivíduos localizados em diferentes áreas geográficas;
- c) Possibilita que os julgamentos de indivíduos em conflito possam ser também agregados a fim de obter uma decisão coletiva;
- d) Torna possível o maior favorecimento de um horizonte constantemente reconstruído através do consenso permanente dos atores envolvidos.

Por outro lado, conforme salienta Powell (2003), a falta de clareza quanto aos meios pelos quais o consenso pode ser definido sugere cuidado na tomada de decisão quando da sua aplicação. Para evitar este problema, essa pesquisa pretende adotar como critério de consenso o coeficiente de variação com valor inferior a 30%.

Outro ponto negativo, segundo Grisi e Brito (2003), é a dificuldade na formulação de questionário que aborde assuntos complexos sem ambiguidades e sem vieses, de forma a não apresentar visões implícitas dos pesquisadores sobre o tema. Para dirimir esses problemas na presente pesquisa, pretende-se fazer revisão com especialistas no vernáculo e simulações do formulário.

Dessa forma, observa-se que as vantagens se sobressaem às desvantagens. No que se refere aos principais pontos negativos do método, serão realizadas ações para mitigar os efeitos, conforme citado anteriormente.

### 2.5.8 Validação dos Resultados

Uma das vantagens do método Delphi é que, através do procedimento de consulta a especialistas e pelo fato de ser concluído somente quando os participantes chegam à maximização de consenso, ao final obtêm-se resultados validados. Roesch (1999) reforça essa vantagem afirmando que o *feedback* dos especialistas busca minimizar possíveis erros que possam ter passado despercebidos pelo pesquisador.

Pasquali (1998) salienta que, com o método Delphi, ao se ouvir a opinião de membros da população (através dos especialistas) à qual o instrumento se destina, está-se conduzindo a análise da compreensão dos itens e sua pertinência. Chama-se análise de pertinência a validação de conteúdo (FARO, 1997).

Ainda citando Faro (1997), a autora salienta que pesquisas na área de enfermagem adotam o método Delphi para validação de condutas e diagnósticos. A própria autora usou o método Delphi na validação de sua pesquisa e obteve resultados fidedignos. Ela conclui que o método Delphi, por permitir ouvir e analisar sistematicamente opiniões de especialistas, apresenta no final das análises um produto validado.

Okoli e Pawlowski (2004) reforçam o sentido de o método Delphi apresentar no final do processo resultados validados. Os autores salientam que se pode empregar uma validação adicional ao solicitar aos especialistas que ratifiquem a interpretação final do pesquisador, bem como a categorização final. Isto pode ser facilmente empregado através do relatório final que é enviado aos participantes. Pode-se, além de apresentar os resultados, solicitar que os especialistas enviem suas análises finais informando se discordam ou não do resultado apresentado.

Assim, esta pesquisa considera o produto final do método Delphi preconizado pelos especialistas como sendo um resultado validado. Entretanto, mesmo assim foi feito o que sugerem Okoli e Pawlowski (2004): os resultados finais foram apresentados para análise dos especialistas consultados e solicitou-se que indicassem a concordância ou não com o resultado da pesquisa.

## 2.6 ELEMENTOS DE CONTROLE

Neste item, serão apresentados os elementos de controle para serem gerenciados pelo Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) dos loteamentos que buscam a sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico

local. Estes elementos têm como principal referência as Best Management Practices (BMP) e serão validados através do método Delphi.

### **2.6.1 Área Impermeável**

Conforme visto no item 2.3.3, que trata dos impactos ambientais na água, a impermeabilização de solo traz consigo graves consequências para a sociedade. Já se provou que as alterações provocadas pela ação antrópica no meio ambiente alteram o ciclo hidrológico e trazem problemas para o desenvolvimento social, econômico e ambiental de toda a área afetada. Inundações e erosões podem causar problemas de saúde pelo contato com água e solo contaminados, perda de vidas humanas, danos materiais, desvalorização de imóveis e outros tantos como se pode constatar nos noticiários veiculados na mídia brasileira e mundial.

Visando uma melhoria na interação homem-meio ambiente, busca-se aplicar um novo conceito para o ordenamento territorial a partir da execução de Loteamentos Sustentáveis (LS). Para tanto, a área impermeável será um elemento de controle para os LS quanto ao ciclo hidrológico local.

### **2.6.2 Área Mínima de Infiltração**

A área mínima de infiltração está diretamente ligada à área impermeável, citada no item anterior. Ou seja, se for definida uma área mínima para infiltração de água no solo, será estabelecido um limite para os efeitos da impermeabilização do solo, conforme discutido no item 2.3.3.

Logo, é importante que seja aplicada ou normatizada uma taxa mínima (um percentual mínimo da área de cada lote) de solo permeável. Neste contexto, a proposição dessa pesquisa parte da premissa de que deve ser deixada uma área mínima de infiltração de solo em cada lote e/ou parcela territorial com o objetivo de permitir a infiltração adequada de água no solo. Esta proposta tem como referência pesquisas já desenvolvidas por Fontes e Barbassa (2003), PROKOP, JOBSTMANN, SCHÖNBAUER, (2011), entre outros, que relatam a importância de aproveitar as áreas livres dos lotes para evitar a produção de escoamento superficial, e as áreas permeáveis devem ser cobertas com grama, pedrisco ou outro material que facilite a retenção ou percolação de água pelo solo.



### 2.6.3 Reservatórios de Detenção ou Retenção

Conforme explica Cruz et al. (1998), os reservatórios de retenção ou retenção são dispositivos de armazenamento que permitem acumular ou simplesmente reter temporariamente a água proveniente da chuva.

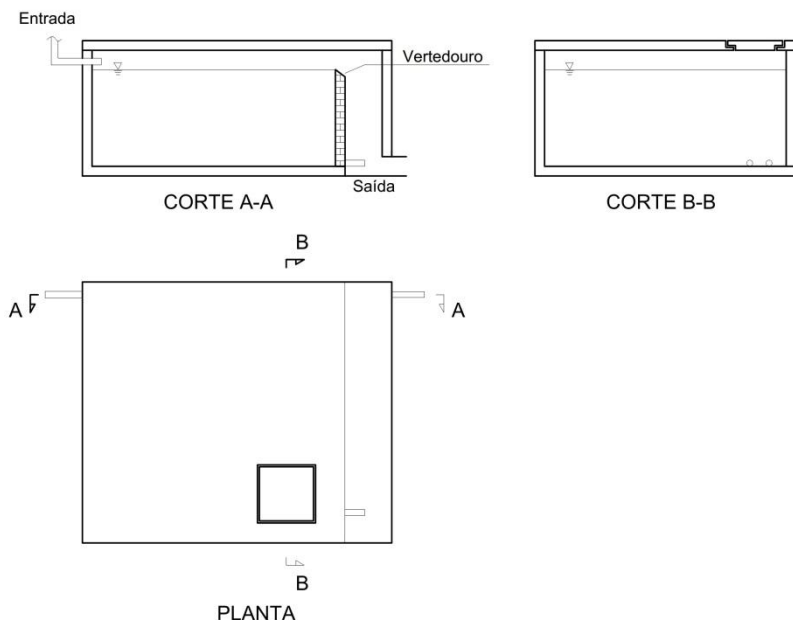
No meio técnico, não há consenso na terminologia adotada para a denominação dos meios de armazenamentos de cheias. Nesta pesquisa, serão adotadas as seguintes definições:

**Reservatório de retenção:** é um mecanismo que armazena água em seu interior com o passar da chuva. Neste caso, a água acumulada pode ser aproveitada para usos não potáveis, como limpeza de calçadas e carros, irrigação de jardins, descarga em vasos sanitários, etc. Caso o volume de água pluvial seja superior à capacidade do reservatório, este possui uma saída que libera o excesso para o sistema pluvial.

**Reservatório de detenção:** é um mecanismo que retém a água temporariamente e vai liberando a água para a rede pluvial com o passar do tempo. Neste caso, o reservatório possui uma saída na base que libera a água com uma vazão de saída menor que a de entrada.

Os dois tipos de reservatório podem ser produzidos *in loco* de alvenaria ou concreto, ou serem pré-fabricados, e depois conectados ao sistema de drenagem. A figura 2.21 apresenta uma seção genérica de um reservatório feito em concreto, e a figura 2.22 apresenta um barril disponível comercialmente nos Estados Unidos.

**Figura 2.21 – Detalhe genérico de um reservatório de concreto.**



Fonte: Adaptado de Cruz et al. (1998).

Conforme se pode observar na figura 2.21, a saída da água pode ser realizada de duas formas: inicialmente pela tubulação da base do reservatório e na sequência através do vertedouro. A saída de água pelo vertedouro ocorrerá somente após o transbordamento da água. Caso tenha um registro na saída inferior, pode-se armazenar a água para ser reutilizada. Por isto, este modelo de reservatório pode ser tanto de retenção quanto de detenção.

**Figura 2.22 – Reservatório de retenção ou detenção.**



Fonte: <<http://www.gardeners.com/>> acessado em 10 nov. de 2012.

De acordo com Cruz et al. (1998), tanto o reservatório de retenção quanto o de retenção possuem a mesma finalidade: retardar o escoamento pluvial, atenuando o pico das vazões e possibilitando a recuperação da capacidade de amortecimento perdida pela bacia devido à impermeabilização do solo.

Tucci (1998) analisou o comportamento da aplicação de reservatórios de retenção em lotes com áreas de 300, 400, 500 e 600 m<sup>2</sup> em diversas cidades brasileiras. O autor concluiu que, com o uso de um reservatório que tenha capacidade entre 1,3 e 1,9 m<sup>3</sup> nos terrenos citados, pode-se reduzir o pico do hidrograma às condições anteriores à ocupação do lote.

Assim, o uso de reservatórios de retenção no lote é uma das alternativas para a redução das inundações, pois reduz os picos de cheia. Dessa forma, com a aplicação do método Delphi, analisou-se a importância do uso de reservatórios frente aos demais elementos de controle, bem como foram levantados os atributos necessários para o seu registro visando-se o gerenciamento com o auxílio do CTM pela administração municipal.

## 2.6.4 Bacias de Detenção ou Retenção

O princípio de funcionamento da bacia de detenção ou retenção é o mesmo dos reservatórios de detenção ou retenção, porém a capacidade de volume da bacia é bem superior. Devido à dimensão, a bacia não é uma medida aplicada em lotes, mas sim no atendimento à demanda do loteamento.

A bacia de detenção pode ser projetada para funcionar como bacia de infiltração. Nesta, o fundo não é impermeável, permitindo a infiltração da água no solo, o que pode formar lagos temporários. A estrutura básica é formada por um volume para armazenamento de águas pluviais, um sistema hidráulico de controle de saída da água, controlado ou não por válvulas, e um vertedor de emergência (BAPTISTA, 2011).

Além de ser usada como forma de controle de inundações, a bacia de detenção, quando seca, pode ser aproveitada para o uso recreativo, tais como campos de futebol, parques, estádios, etc. (RIGHETTO, 2009), tornando-se mais uma alternativa de lazer para a população local. A figura 2.23 apresenta uma solução adotada pela prefeitura de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, na qual a bacia em tempo seco é usada como quadra de futebol e de vôlei.

**Figura 2.23 – Bacia de detenção em Porto Alegre/RS**



Fonte: PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. Disponível em:  
<[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=69](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=69)>. Acesso em:  
15 jul. 2010.

As bacias de retenção são lagos que possuem alta capacidade de retenção, bem maior do que seu volume permanente. Além de atuar no controle do aumento dos deflúvios associados ao aumento da área impermeabilizada na bacia, esta valoriza o paisagismo e serve de habitat natural para a vida terrestre e aquática (RIGHETTO, 2009). A figura 2.24 apresenta uma imagem do lago no parque da Marinha do Brasil em Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, o qual serve como bacia de retenção.

**Figura 2.24 – Bacia de retenção no parque Marinha do Brasil, Porto Alegre/RS.**



Fonte: GOOGLE MAPS. Disponível em:  
<<http://www.panoramio.com/photo/76087984?source=wapi&referrer=kh.google.com>>. Acesso em: 25 nov. 2010.

Desta forma, a bacia de detenção ou retenção pode ser executada em áreas de uso comum do loteamento para amenizar os efeitos da impermeabilização provocados pela implantação do próprio loteamento, bem como pelas demais parcelas (lotes).

Levando-se em consideração os aspectos abordados sobre a bacia de retenção e detenção e admitindo que são alternativas para a manutenção do ciclo hidrológico local, tais bacias serão objeto de questionamento durante a aplicação do método Delphi. O objetivo será

determinar a importância de aplicação deste sistema em relação aos demais elementos de controle, bem como levantar os atributos necessários para o seu registro visando-se o gerenciamento com o auxílio do CTM pela administração municipal.

### **2.6.5 Valas ou Poços de Infiltração**

As valas ou os poços de infiltração possuem a mesma função principal, de infiltração da água no solo. A principal diferença está na geometria: os poços de infiltração são dispositivos com pequena ocupação de área superficial e grande profundidade, já as valas de infiltração têm dimensões longitudinais maiores que os diâmetros dos poços de infiltração (BAPTISTA, 2011).

A vala de infiltração consiste numa escavação feita no solo com profundidade entre 1,0 e 3,5 m, revestida com manta geotêxtil e coberta com uma camada de brita. Ao contrário dos poços de infiltração, a vala possui um volume disponível para fazer a retenção temporária da água, a qual vai se infiltrando no solo através do fundo e das paredes laterais (RIGHETTO, 2009). A figura 2.25 ilustra um exemplo de vala de infiltração.

**Figura 2.25 – Vala de infiltração no Estado da Georgia, Estados Unidos.**



Fonte: LID CENTER – GREEN STREETS. Disponível em:  
<<http://www.lowimpactdevelopment.org/greenstreets/practices.htm>>. Acesso  
em: 28 nov. 2010

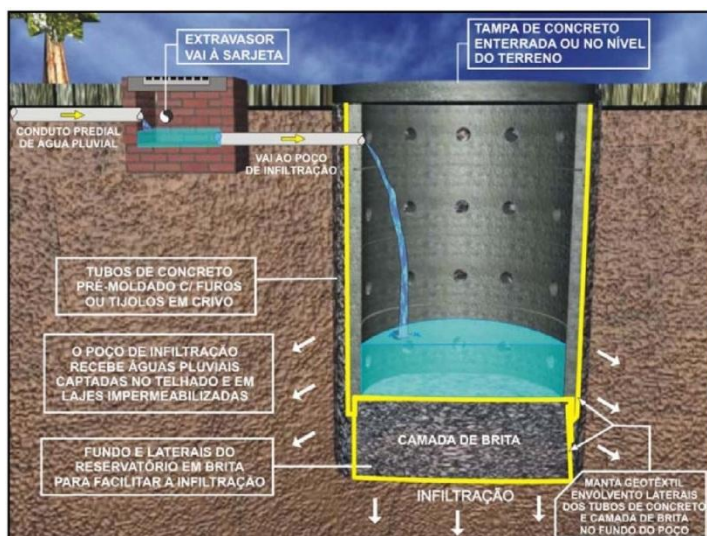


A vala de infiltração é uma das modalidades de canais abertos. Há também os canais verdes, similares às valas de infiltração, porém os canais não possuem mantas geotêxteis e são revestidos com vegetação rasteira, como grama.

Os poços de infiltração são considerados um sistema de drenagem na fonte de elevado desempenho quanto ao controle de escoamento superficial (REIS et al., 2008) para solos arenosos. São idênticos a um sumidouro, com a diferença de que este visa infiltrar no solo os resíduos oriundos do sistema de tratamento de esgoto, e o poço infiltra a água pluvial.

A estrutura do poço de infiltração pode ser feita de tubos pré-moldados de concretos perfurados ou de tijolos assentados em crivo. A lateral e o fundo são preenchidos com uma camada de agregados, como brita, e o poço é revestido com manta geotêxtil, propiciando um melhor desempenho de infiltração da água pluvial para o solo (OLIVEIRA, 2007). A figura 2.26 apresenta uma seção genérica de um poço de infiltração, e a figura 2.27 mostra uma imagem da execução do poço.

**Figura 2.26 – Seção genérica de um poço de infiltração.**



Fonte: Reis et al., 2005.

**Figura 2.27 – Execução de um poço de infiltração.**



Fonte: Reis et al., 2005.

Diante do que foi apresentado sobre poços e valas de infiltração, pode-se observar que constituem uma excelente alternativa para a mitigação do efeito da impermeabilização do solo nos loteamentos. Poços e valas podem ser construídos tanto em áreas comuns quanto em áreas privativas (lotes) do loteamento. Por este motivo, foram objeto de questionamento no método Delphi com o intuito de determinar a importância frente aos demais elementos, bem como levantar os atributos necessários para o seu registro visando-se o gerenciamento com o auxílio do CTM pela administração municipal.

### **2.6.6 Calçadas Verde**

A calçada verde é uma alternativa de se reduzir a área impermeável de um loteamento de forma fácil e com custo baixo. A principal diferença desta calçada para as demais está no fato de ela não ser impermeável.

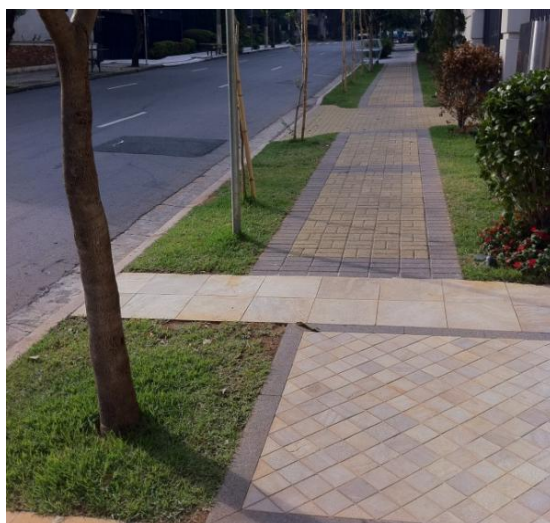
A calçada verde é formada por uma faixa de piso permeável antiderrapante e outra com grama, vegetação rasteira, entre outras



vegetações (CREA-BA, 2009). De acordo com a largura do passeio, pode-se ter mais de uma faixa com plantio e cultivo de espécies rasteiras, como flores ou gramas, ou plantas de médio porte, como árvores.

A área não impermeabilizada permite a infiltração da água de chuva, alimentando os lençóis freáticos e diminuindo a possibilidade de inundações. Além disso, as plantas rasteiras acabam retendo parte de lixo deixado nas calçadas, evitando que os resíduos entrem nas redes do sistema pluvial, diminuindo sua eficiência e provocando inundações (GEORGIA DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES, 2001). A figura 2.28 apresenta uma imagem de uma calçada verde executada no bairro de Moema, no município de São Paulo, Estado de São Paulo.

**Figura 2.28 - Exemplo de calçada verde executada no município de São Paulo.**



Fonte: PROJETO PINCEL. Disponível em:  
<<http://projetopincel.wordpress.com/2011/09/09/calçadas-verdes-e-passeios-livres-arvores-e-pessoas/>>. Acesso em: 21 nov. 12.

Caso a largura da calçada não seja suficiente para deixar a faixa permeável, Georgia Department of Natural Resources (2001) recomenda que ela seja feita com superfícies permeáveis, as quais serão vistas no item seguinte. Desta forma, mantém-se o principal objetivo da calçada verde, que é infiltrar a água no solo.

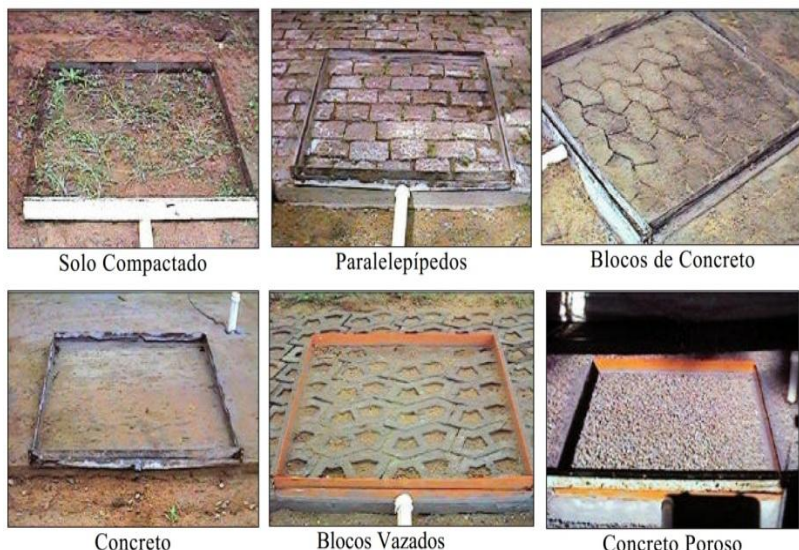
Portanto, esta é uma solução para mitigar o efeito da impermeabilização do solo que também foi objeto de questionamento no método Delphi, para levantar os atributos necessários para o seu registro visando-se o gerenciamento com o auxílio do CTM pela administração municipal e para determinar a ordem de prioridade perante os outros elementos de controle.

### 2.6.7 Pavimentos Permeáveis

Costa Junior e Barbassa (2006) ensinam que os pavimentos permeáveis são formados basicamente por uma camada porosa ou perfurada e por outra, logo abaixo, composta de pedras com granulometria diferenciada. O princípio de funcionamento é simples: a água pluvial infiltra na primeira camada do pavimento e vai para a camada composta de pedras, onde permanece até ser absorvida pelo solo.

Araújo, Tucci, Goldenfum (2000) realizaram uma pesquisa experimental que comparou diversos tipos de superfícies de vias: solo compactado, paralelepípedos, blocos de concreto, concreto, blocos vazados e concreto poroso. A figura 2.29 apresenta uma imagem destas superfícies.

**Figura 2.29 – Modelos de pavimentos**



Fonte: Araújo, Tucci, Goldenfum (2000)

Nesta pesquisa, Araújo, Tucci, Goldenfum (2000) concluíram que, nos pavimentos permeáveis (blocos vazados e concreto poroso), o escoamento superficial foi praticamente zero (de 0,5% a 3% da precipitação). Para o solo compactado, o valor resultante de escoamento superficial foi entre 60% e 80% da precipitação. No caso dos paralelepípedos de granito e dos blocos intertravados, o escoamento ficou entre 70% e 80% da precipitação. A pior situação encontrada foi no pavimento de concreto, com no mínimo de 95% de escoamento superficial.

Desta forma, pode-se concluir que, dependendo do pavimento adotado para vias de circulação, estacionamentos ou calçadas, pode-se ter uma significativa redução do volume de água pluvial escoada superficialmente. Com isto, é possível amenizar os problemas de inundações a jusante. Por este motivo, questionou-se no método Delphi a importância do uso de pavimentos permeáveis em LS face aos demais elementos de controle, assim como foram verificados os atributos necessários para o registro dos pavimentos permeáveis.

## **2.6.8 Canal com Pedregulho/Vegetação**

O canal é um tipo de conduto livre caracterizado pelo fato de a parte superior do líquido estar sujeita à pressão atmosférica. O movimento do fluido depende somente da inclinação do fundo do canal, do revestimento superficial e do tipo de líquido (SALLES, 1993).

O canal com pedregulho ou vegetação, também conhecido como biovaleta, é uma vala revestida com material drenante, como pedregulho ou vegetação rasteira, que se destina à condução da água a jusante, bem como à infiltração de água para o solo através do fundo e das paredes laterais (ALAMBERT JUNIOR, 1997). O canal é usado em detrimento do uso de tubulações no sistema pluvial. A figura 2.30 apresenta imagem de um canal com revestimento com vegetação rasteira (figura 2.30 (a)) e com pedra (figura 2.30 (b)).

**Figura 2.30 – Canal revestido com vegetação rasteira (a) e com pedra (b).**



(a)



(b)

Fonte: ELZA NIERO. Disponível em:  
<[http://elzaniero.com.br/urb/praca\\_corujas.html](http://elzaniero.com.br/urb/praca_corujas.html)>. Acesso em: 10 abr. 2013.

### 2.6.9 Área Verde

A área verde é definida por Santa Catarina (2010) como sendo uma área destinada aos espaços de domínio público que desempenhem função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade ambiental, funcional e estética da cidade. Esta área é dotada de vegetação e espaços livres de impermeabilização, admitindo-se intervenções mínimas como caminhos, trilhas, brinquedos infantis e outros meios de passeios e divertimentos leves.

De acordo com Nucci (2001), a área verde possui uma grande importância para atender às necessidades humanas relacionadas à vegetação, bem como para reduzir substancialmente a poluição no ar e nos rios. Caporosso e Matias (2008) concordam com o último autor e reforçam os benefícios que as áreas verdes podem trazer para o homem nas cidades, apresentando uma lista desses benefícios com base em inúmeros autores, conforme segue:

- 1) Controle da poluição do ar e da acústica;
- 2) Aumento do conforto ambiental;
- 3) Estabilização de superfícies por meio da fixação do solo pelas raízes das plantas;
- 4) Abrigo à fauna;
- 5) Equilíbrio do índice de umidade no ar;
- 6) Proteção das nascentes e dos mananciais;
- 7) Organização e composição de espaços no desenvolvimento das atividades humanas;
- 8) Valorização visual e ornamental do ambiente;
- 9) Recreação;
- 10) Diversificação da paisagem construída.

Toledo e Santos (2012) apresentam também uma série de funções para as áreas verdes, entre as quais se pode destacar: proteção da água de abastecimento, preservação de inundações principalmente através da absorção da água e preservação de áreas de valor paisagístico, arqueológico ou biológico.

Porém, mesmo conhecendo-se sua importância, verifica-se que as áreas verdes não apresentam crescimento proporcional e com a mesma intensidade do crescimento populacional nas cidades (CAPORUSSO; MATIAS, 2008). Conforme enfatizam Lima e Amorim (2006), as áreas verdes são obrigatórias por lei, mas a Lei Federal nº 6.766 delega aos municípios a definição do valor mínimo de área verde a ser deixada nos loteamentos.

Como exemplo, pode-se citar o caso do município de Biguaçu, Estado de Santa Catarina; o artigo 85 da Lei Complementar nº 12/2009 estabelece que o valor da área verde mínima pode ser de 7%.

Pode-se observar a importância da área verde para a manutenção do ciclo hidrológico local, porém há necessidade de se definir qual a sua importância na mitigação de inundações, bem como a quantidade mínima de área verde que deve ser exigida em loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico. Para tanto, a área verde foi um dos itens questionados no método Delphi para uso na manutenção do ciclo hidrológico local.

### 3 MÉTODO

Neste capítulo apresenta-se os procedimentos adotados para se atingir os objetivos propostos da pesquisa, bem como os materiais e equipamentos que foram usados no decorrer da mesma.

Inicia-se a explanação apresentando os materiais e equipamentos usados ao longo da pesquisa, na sequência detalha-se o método.

#### 3.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para dar apoio ao desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados os seguintes equipamentos e programas:

- a) *Software* ArcGIS: é um programa do Sistema de Informações Geográficas (SIG) com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. O ArcGIS foi desenvolvido pelo ESRI (Environmental Systems Research Institute) e foi a ferramenta usada na geração dos mapas temáticos;
- b) *Software* AutoCAD: programa de editoração de desenhos vetoriais desenvolvido pela empresa Autodesk. É a ferramenta utilizada em edição de mapas e projetos dos loteamentos, bem como de imagens que ilustram esta pesquisa.

Para validação dos objetivos propostos, realizou-se um estudo de caso do loteamento Portal da Colina, situado no município de São José, Estado de Santa Catarina. Os arquivos dos projetos desse loteamento foram obtidos através do escritório que os desenvolveram. No quadro 3.1, segue uma lista com os nomes e respectivos conteúdos destes projetos.

**Quadro 3.1 – Arquivos do projeto do loteamento Portal da Colina.**

<b>Nome</b>	<b>Conteúdo</b>
Hidráulico PORTAL DA COLINA alterado-14.02.2011.dwg	Projeto hidráulico da rede de abastecimento de água potável e seus detalhes.
Projeto drenagem - rede - fev-2011.dwg	Projeto de drenagem da rede do sistema de drenagem pluvial e seus detalhes.
Projeto drenagem - detalhamento -fev-2011.dwg	Detalhes do projeto de drenagem: caixa de areia, caixa coletora com boca de lobo, boca de galeria simples, seção genérica da galeria.
Projeto Elétrico (substituído).dwg	Projeto elétrico da rede do sistema de energia elétrico e seus detalhes.
PROJETO GEOMÉTRICO.dwg	Projeto geométrico com detalhes dos perfis longitudinais e das seções diagonais.
Topográfico -.dwg	Projeto topográfico com indicações das curvas de níveis e dos cortes.
URBANISTICO - Reaprovado 28-02-2011 – corrigido.dwg	Projeto urbanístico com indicações de áreas verdes, áreas institucionais, relação de áreas, seção transversal das ruas, detalhamento de cruzamento, entre outros aspectos.

Fonte: desenvolvido pelo autor.

### 3.2 ETAPAS DE EXECUÇÃO DO MÉTODO

O método da pesquisa é de caráter exploratório, o qual, segundo descreve Silva (2004), visa proporcionar maior familiaridade com o problema de forma a torná-lo explícito ou a construir hipóteses.

Fazem parte deste processo: levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas experientes no assunto da pesquisa; análise de casos que estimulem a compreensão do tema. Todas essas etapas da pesquisa exploratória fez parte do presente estudo, tanto no que se refere ao levantamento bibliográfico quanto às entrevistas com especialistas e sua análise, o que demonstra, portanto, o caráter exploratório desta pesquisa.

Quanto à forma de abordagem, segunda Silva (2004) têm-se dois modos: quantitativa e qualitativa. A primeira forma abordagem,



quantitativa, considera que tudo pode ser quantificável e traduzido em números, opiniões e informações, a fim de que sejam classificados e analisados. A segunda forma de abordagem, qualitativa, demonstra uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito que não pode ser traduzida em números, por isto não requer o uso de métodos e técnicas estatísticos.

Por outro lado, segundo Bauer et al. (2002), não há quantificação sem qualificação e não há análise estatística sem interpretação. Ainda de acordo com estes autores, não é correto assumir:

(...) que a pesquisa qualitativa possui o monopólio da interpretação, como pressuposto paralelo de que a pesquisa quantitativa chega a suas conclusões quase que automaticamente. Nós mesmos nunca realizamos nenhuma pesquisa numérica sem enfrentar problemas de interpretação. Os dados não falam por si mesmos, mesmo que sejam processados cuidadosamente, com modelos estatísticos sofisticados.

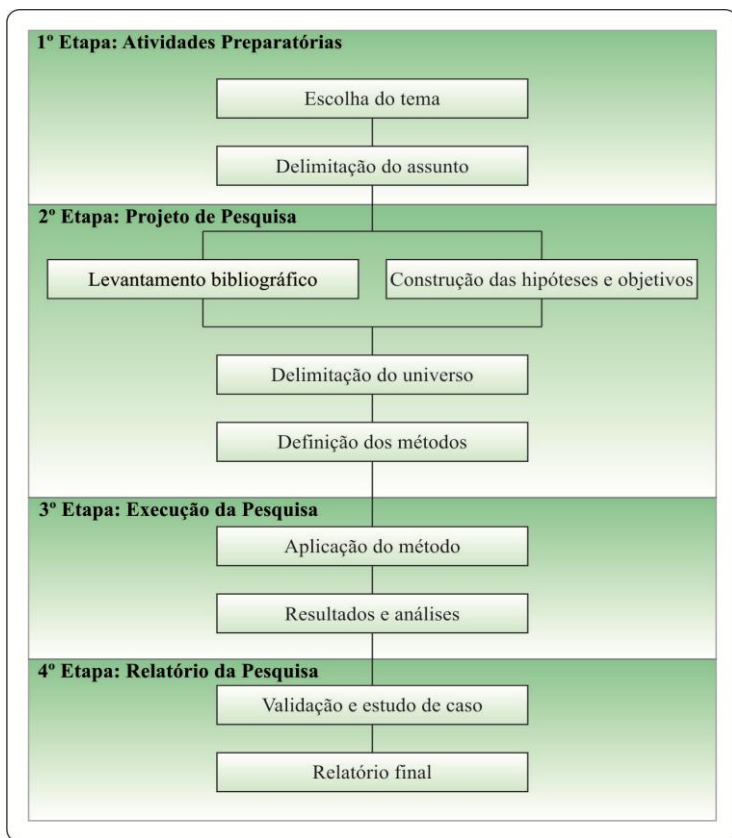
Günther (2006) vai ao encontro do pensamento de Bauer et al. (2002) e relata que não se deve escolher entre um método ou outro, mas utilizar as várias formas de abordagem, qualitativa e quantitativa, de modo a adequar o método ao cerne da pesquisa.

Esta pesquisa trabalhou tanto com o método quantitativo quanto com o qualitativo levando-se em conta que se faz uso do método Delphi (conforme descrito na revisão de literatura, este método requer pesquisa iterativa com especialistas). No desenvolvimento deste estudo, também se considera que esses métodos podem ser complementares, e não antagônicos.

Quanto às etapas para o desenvolvimento da presente pesquisa, foram seguidos os itens apresentados na figura 3.1. Nessa figura, pode-se observar que o método está dividido em quatro etapas. A primeira apresenta as atividades preparatórias, na qual se definiram a escolha do tema e a delimitação do assunto da pesquisa. A segunda etapa foi chamada de projeto de pesquisa, quando se realizou o levantamento bibliográfico, a construção das hipóteses e dos objetivos, a delimitação do universo, a definição dos métodos e a seleção do tratamento estatístico. A terceira etapa diz respeito à execução da pesquisa propriamente dita, na qual se aplicou o método, obtiveram-se os resultados e realizaram-se as análises. Por fim, na quarta e última etapa,

têm-se o estudo de caso e o relatório final com as conclusões da presente pesquisa.

**Figura 3.1 – Fluxograma geral do método da pesquisa.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A seguir, será apresentada cada etapa do método usado no desenvolvimento desta pesquisa.

### **3.2.1 Primeira Etapa: Atividades Preparatórias**

A primeira etapa foi subdividida em duas atividades: definição do tema da pesquisa e na delimitação do assunto.

#### ***a) Definição do tema da pesquisa***

Optou-se por trabalhar com loteamento sustentável devido à iminente necessidade de se ter loteamentos residenciais que minimizem

os impactos ocasionados na própria área de implantação, bem como no seu entorno, conforme visto na revisão bibliográfica.

Como estudo de caso, buscou-se um loteamento em implantação numa bacia hidrográfica que tivesse loteamentos já ocupados por residências, em fase de ocupação e em implantação, bem como também tivesse relatos de inundações a jusante.

Diante disto, chegou-se à definição de usar como estudo de caso um loteamento no bairro Forquilhas (ver localização na figura 3.2), situado no município de São José, Estado de Santa Catarina. Neste bairro, num intervalo de menos de 15 anos, podem-se observar grandes mudanças com o surgimento de novos loteamentos, tais como: Lisboa (com cerca de quinze anos de implantação), Dona Zenaide (com aproximadamente treze anos), Cenirol Martins (com cerca de dez anos), Palmares (com dez anos aproximadamente), Santa Felicidade (com cerca de sete anos), Terra Firme (com aproximadamente seis anos), San Marino (com cerca de seis anos), Os Praianos (com um ano), Recanto da Natureza (com um ano), Manoel de Melo, Portal da Colina e Jardim Botânico (os três últimos em conclusão no momento da redação desta tese). Além destes loteamentos, há outros em fase de projeto e aprovação na Secretaria de Serviços Públicos (SUSP) do município de São José.



de água, a construção de obstáculos ao escoamento e a ocupação da várzea, também provocam impactos negativos nesse ciclo (CENTER FOR WATERSHED PROTECTION, 2000; WHITFORD; HANDLEY; ENNOS, 2001; HORA; GOMES, 2007; TUCCI, 2008; PROKOP, JOBSTMANN, SCHÖNBAUER, 2011). Em decorrência dos impactos, tem-se um aumento da vazão de escoamento superficial de água pluvial (LEOPOLD, 1968; LIVINGSTON; MCCARRON, 1992), o que pode provocar erosões, inundações e enchentes (SAUER, 2007).

Pode-se observar também que, ao se controlar os fatores supracitados, é possível mitigar seus efeitos. Dessa forma, percebeu-se a necessidade de uma gestão mais eficiente por parte das prefeituras. Devido a essa necessidade, chegou-se à conclusão de que o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) consegue atender a essa demanda, haja vista sua aplicação no planejamento territorial urbano, conforme relatam Lima, Cordini, Loch (2000), Erba (2005), Loch (2005), Bonilla e Carneiro (2008), Oliveira (2010-a) e Saboya (2010).

Pode-se concluir pela aplicação do CTM, principalmente quando se analisam suas vantagens, conforme salienta Loch (2005) em citação no capítulo 2. Para reforçar a utilidade do CTM como meio de gestão dos fatores negativos para o ciclo hidrológico causados pela implantação de um loteamento, seguem algumas considerações sobre os benefícios deste cadastro apontados por este último autor e que fundamentam a escolha pela sua utilização:

*1. O CTM permite a localização geográfica dos imóveis da cidade.*

Com os imóveis devidamente localizados, é possível identificar também os fatores negativos relacionados ao respectivo imóvel;

*2. O CTM possibilita a definição do uso atual do solo dentro de cada imóvel.*

Conforme o uso feito do solo, podem-se verificar as exigências necessárias que devem ser cumpridas para mitigar os efeitos dos fatores negativos;

*3. O CTM propicia a determinação da declividade do solo.*

Esta característica é importante para a gestão da água pluvial, já que, para isto, se faz necessário conhecer a declividade de cada lote;

*4. O CTM serve de base para a implementação de infraestrutura.*

A infraestrutura, quando não é bem planejada, contribui negativamente com o ciclo hidrológico local, principalmente no que se refere ao sistema de drenagem pluvial;

5. *O CTM é adotado como base para o gerenciamento da construção civil.*

Assim como o CTM serve de base para o gerenciamento da construção civil, também pode ser usado como base para a gestão dos fatores negativos relacionados ao ciclo hidrológico.

Diante disso, delimitou-se a pesquisa com a definição do ordenamento de prioridades dos elementos de controle segundo o tipo de solo no qual o loteamento será implantado. Além disso, estabeleceram-se os atributos para o registro dos elementos de controle e decidiu-se pela criação de um projeto de lei para aprovação de loteamento sustentável quanto ao ciclo hidrológico.

Assim, concluiu-se a primeira etapa do método de pesquisa e passou-se para o projeto de pesquisa, conforme item segue.

### **3.2.2 Segunda Etapa: Projeto de Pesquisa**

De acordo com a figura 3.1, a segunda etapa do método de pesquisa é o projeto de pesquisa. Este foi subdividido em cinco itens para facilitar a compreensão de todo o processo, conforme segue.

#### ***a) Levantamento bibliográfico***

Através do levantamento bibliográfico, buscou-se as bases teóricas para o desenvolvimento da pesquisa, principalmente para a etapa inicial, quando era necessária a construção de hipóteses e objetivos.

Conforme já foi visto, no levantamento bibliográfico foram pesquisadas informações sobre sustentabilidade, CTM e método Delphi. Quanto à sustentabilidade, deu-se ênfase à busca de informações sobre loteamentos sustentáveis e suas subdivisões em gestão ambiental, social e econômica. O segundo foco da revisão bibliográfica foi a gestão territorial, quando foi analisada a potencialidade de aplicação do CTM na gestão dos elementos de controle de loteamentos que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local. Quanto ao último tópico, relativo ao método Delphi, buscaram-se informações sobre a potencialidade deste método integrado à análise multicritério-

multiatributo, para modelar os elementos de controle de loteamentos que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local.

#### ***b) Construção de hipóteses e objetivos***

A concepção de hipóteses e objetivos ocorreu ao longo da investigação documental na área da pesquisa. Conforme já foi apresentado, a hipótese admitida é a de que é possível ordenar os elementos de controle de um loteamento residencial sustentável segundo o tipo de solo onde será implantado, bem como definir os atributos para o registro dos elementos de controle com o intuito de se realizar a gestão com o auxílio do CTM.

O objetivo geral desta pesquisa é definir uma ordem de prioridade para os elementos de controle de loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico local segundo o tipo de solo, assim como estabelecer os atributos necessários para o registro de tais elementos objetivando a gestão com o auxílio do CTM.

#### ***c) Delimitação do universo***

Com hipóteses e objetivos definidos, delimitou-se o universo da pesquisa, de modo a viabilizar a sua execução em tempo hábil e a enquadrar as atividades no orçamento disponível.

Na introdução deste trabalho, consta a delimitação detalhada do universo desta pesquisa. Para facilitar a leitura, cabe relembrar que a pesquisa é direcionada à aplicação em loteamentos residenciais e é dada ênfase à sustentabilidade ambiental dos loteamentos quanto ao ciclo hidrológico.

#### ***d) Definição dos métodos***

Na figura 3.1, o quarto item da segunda etapa do fluxograma é a definição do método aplicado na pesquisa. Neste caso, segundo relatado no início deste tópico, adotou-se o método de caráter exploratório com formas de abordagem qualitativa e quantitativa.

Conforme já foi justificado no levantamento bibliográfico, o método Delphi integrado à análise multicritério-multiatributo foi adotado como ferramenta no processo decisório da ordenação dos elementos de controle de loteamentos que visam à sustentabilidade. Para tanto, seguiu-se o cronograma apresentado no quadro 3.2.

**Quadro 3.2 – Cronograma de atividades do método Delphi.**

<b>Descrição das atividades</b>	<b>1º mês</b>	<b>2º mês</b>	<b>3º mês</b>	<b>4º mês</b>
1. Definição do problema				
2. Seleção dos especialistas / elaboração do questionário pré-Delphi				
3. Elaboração do primeiro questionário				
4. Aplicação do primeiro questionário				
5. Processamento e análise da primeira aplicação				
6. Elaboração do segundo questionário				
7. Aplicação do segundo questionário				
8. Processamento e análise da segunda aplicação				
9. Elaboração do terceiro questionário				
10. Aplicação do terceiro questionário				
11. Processamento e análise da terceira aplicação				
12. Análise final e entrega do relatório aos participantes				

Fonte: desenvolvido pelo autor.

As atividades apresentadas no cronograma do quadro 3.2 foram definidas de acordo com as etapas relatadas quando da explanação sobre o método Delphi, no tópico 2.5 desta pesquisa. O número de aplicação do questionário informado no quadro supracitado é somente uma estimativa que normalmente ocorre, essa quantidade de iteração com os especialistas pode ser maior ou menor dependendo de quando se chega a maximização do consenso. Para ficar claro o procedimento adotado, a seguir tem-se a explicação de cada item:

#### *1. Definição do problema*

Identificação do problema no qual se pretende usar o método Delphi. Neste caso, o problema é a definição da ordem de relevância dos elementos de controle e os atributos necessários para o respectivo registro.

#### *2. Seleção dos especialistas/elaboração do questionário pré-Delphi*

Definição da lista de especialistas que participaram do método Delphi. Elaboração do questionário pré-Delphi, usado para a seleção dos especialistas participantes.



Para auxiliar na escolha dos especialistas, usou-se o procedimento definido por Zapata (1995). Resumidamente, este procedimento consiste em aplicar um questionário, definido como questionário pré-Delphi, com os especialistas pré-classificados, a fim de buscar informações para determinar a função de utilidade de cada participante e ordená-los em ordem crescente dos respectivos resultados desta função. Os especialistas que participarão do método Delphi são os 75% dos participantes com maiores valores da função de utilidade. Tal procedimento de seleção foi detalhado na revisão bibliográfica. No item 3.3 deste capítulo, é apresentado o formulário do questionário pré-Delphi.

De acordo com o apresentado no quadro 3.2, é necessário que os especialistas respondam de dois a três questionários, desconsiderando-se o formulário pré-Delphi. O número preciso de questionários aplicados depende da maximização de consenso e pode ser até maior que três, mas em muitos casos são somente dois, conforme salienta Moura (2009).

O problema em aplicar um questionário pré-Delphi está na quantidade de retornos recebidos na primeira rodada de aplicação. Há uma quantidade considerável que não devolve o formulário respondido. Para Wright e Giovinazzo (2000), normalmente há uma abstenção de 30% a 50% dos participantes na primeira rodada e de 20% a 30% na segunda rodada. Esta afirmação pode ser comprovada com os relatos de: Taylor e Ryder (2003), que obtiveram um retorno de 85%; Cardoso et al. (2005), que conseguiram 70% de retorno; e Costa (2012), que teve retorno de 64%.

Dessa forma, o envio de um questionário pré-Delphi poderia reduzir ainda mais o número de participantes, tornando o processo mais demorado e de difícil participação dos especialistas. Para amenizar este problema, nesta pesquisa optou-se por enviar o questionário pré-Delphi juntamente com o formulário da primeira rodada do método. No questionário pré-Delphi, foram compostas as primeiras perguntas do questionário Delphi da primeira rodada.

Quanto à área de conhecimento dos especialistas, de acordo com Delbecq et al. (1975), Murphy et al. (1998) e Powell (2003), a diversidade de conhecimentos leva a um melhor desempenho do método Delphi, pois permite a consideração de diferentes perspectivas sobre o tema. Para tanto, trabalhou-se com uma equipe multidisciplinar de especialistas, composta de profissionais formados em agronomia, arquitetura, engenharia civil, geografia e geologia. No item 4.1 desta pesquisa, é apresentada a proporção de participação das diferentes áreas.

Referente ao número de especialistas, conforme discutido na revisão bibliográfica sobre o método Delphi, Wright e Spers (2006) enfatizam que o grupo deve ter entre 15 e 30 especialistas. Nesta pesquisa, buscou-se um mínimo de 15 participantes em todas as etapas do método Delphi, mas conseguiu-se uma equipe com 18 pessoas.

Para atingir o número mínimo de participantes, realizou-se um contato prévio com os especialistas, primeiro pessoalmente, quando a distância permitiu, depois por telefone e por último através de e-mail. O contato inicial teve o objetivo de apresentar o objetivo da pesquisa, verificar o interesse do especialista em participar do processo e, principalmente, explicar como funciona o método Delphi.

Entrou-se em contato com um grupo de 82 pessoas. Algumas responderam que não tinham qualificação para participar da pesquisa, outras não responderam e somente 23 pessoas aceitaram participar. Destas 23 pessoas, cinco foram excluídas do processo, segundo o método de seleção multicritério-multiatributo de Zapata (1995), remanescendo 18 participantes.

Os especialistas foram selecionados através de uma análise prévia do currículo disponível na plataforma Lattes. Foram escolhidos os participantes que tinham conhecimentos e experiência com loteamentos e tivessem vínculo com universidades. Optou-se por trabalhar com especialistas de universidades porque se considerou que estes poderiam indicar a situação ideal e não estariam tão comprometidos com os vícios do cotidiano. Ou seja, trabalhou-se com o conceito de *knowledge driven evaluation* (avaliação baseada no conhecimento, em tradução livre), em que as pessoas são conhecedoras dos fenômenos e das variáveis da situação avaliada, em detrimento do conceito de *data-driven evaluation* (avaliação baseada em dados, em tradução livre), em que a pesquisa é realizada através de dados coletados diretamente da realidade em situações semelhantes (MOURA, 2007).

### 3. Elaboração do primeiro questionário

Formulação dos questionários necessários para a aplicação do método Delphi. O primeiro questionário é o mais importante e deve conter perguntas que tragam como resposta uma primeira estimativa sobre os elementos desejados (ZAPATA, 1995). Além disto, ainda segundo este autor, deve-se fazer um teste com os questionários antes da aplicação para verificar se os objetivos estão sendo efetivamente alcançados.

O teste foi realizado através da aplicação do questionário com dois engenheiros civis. Um deles tem especialização e possui experiência em projetos de loteamentos; o outro é doutor e não tem

experiência com loteamentos nem com CTM. O questionário e os critérios adotados para a sua elaboração serão apresentados no item 3.4; os resultados dos testes, no item 3.5.

O número de perguntas, conforme discutido na revisão bibliográfica, foi de 25, já considerando as perguntas do questionário pré-Delphi. O tempo médio para respondê-las foi de 30 minutos.

#### *4. Aplicação do questionário*

Entrega do questionário à equipe multidisciplinar de especialistas. Antes da entrega, foi feito contato com os participantes para verificar interesse e aceitação ou não em participar do processo, bem como fornecer explicação sobre a pesquisa.

Quanto ao prazo para que os especialistas entreguem o questionário respondido, Cardoso et al. (2005) adotaram inicialmente 15 dias. Chiavegatto (2010) e Faro (1997) adotaram 13 dias e 10 dias respectivamente, sem necessidade de adiamento. Desta forma, pode-se observar que o prazo fica próximo dos 15 dias. Levando em consideração estas experiências, adotou-se nesta pesquisa o prazo-limite de 15 dias, mas foi preciso prorrogá-lo por igual período.

#### *5. Processamento e análise da primeira aplicação*

Nesta fase, foi realizada a tabulação e análise das informações obtidas com o retorno dos questionários entregues aos participantes. Um dos pontos importantes nesta etapa, conforme visto na revisão de literatura, consiste na análise das sugestões apresentadas pelos especialistas. A grande maioria das sugestões apresentadas foi considerada e inserida no questionário para a segunda rodada do método Delphi, por exemplo, a sugestão de não permitir a ocupação em solo orgânico (turfa). Algumas não foram consideradas por não pertencer ao escopo da pesquisa ou por serem relacionadas a outra questão, como a sugestão de considerar a área verde como elemento de controle, situação contemplada na última pergunta.

#### *6. Formulação do segundo questionário*

Como normalmente não se consegue a convergência das respostas na primeira iteração com o questionário, torna-se necessária a formulação do segundo. Nessa segunda versão do questionário, foram apresentadas as mesmas perguntas aplicadas no primeiro, bem como as sugestões realizadas pelos especialistas na primeira rodada do método Delphi. Além disso, inseriu-se em cada pergunta o resumo dos resultados do questionário aplicado anteriormente, para que os especialistas pudessem analisar e ratificar ou retificar suas respostas, a fim de se chegar à maximização do consenso. No resumo, foram fornecidas as informações da média, da moda e a resposta individual do

próprio especialista. Ou seja, enviou-se para cada especialista um arquivo diferente, no qual cada um tinha acesso somente a sua própria resposta, assim como a média e a moda do grupo.

#### *7. Aplicação do segundo questionário*

Foi enviado o segundo questionário com as mesmas perguntas, para que os especialistas pudessem analisar suas respostas levando em consideração as respostas dos demais participantes e suas justificativas (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000). Juntamente com as perguntas, foram encaminhadas as análises estatísticas com o resultado da média e moda, bem como as sugestões dos especialistas. Nesta etapa, o participante pôde alterar sua resposta, e ficou como opcional a justificativa do motivo da alteração.

#### *8. Processamento e análise da segunda aplicação*

Realizou-se o mesmo procedimento informado na atividade 5. Além disso, verificou-se a convergência das respostas analisando-se o coeficiente de variação. Inicialmente, conforme visto no item 2.5.2, que trata do procedimento do método Delphi, foi atribuído um valor limite de 30% para o coeficiente de variação, para considerar que se atingiu a maximização da convergência. Como muitos quesitos apresentaram variação superior a 30% na segunda rodada, foi necessária a aplicação de mais uma rodada do questionário do método Delphi.

#### *9. Formulação do terceiro questionário*

*Idem* à atividade 6.

#### *10. Aplicação do terceiro questionário*

*Idem* à atividade 7.

#### *11. Processamento e análise da terceira aplicação*

Realizou-se o mesmo procedimento informado na atividade 8. Alguns itens do questionário Delphi ainda apresentaram coeficiente de variação superior a 30%. No entanto, considerou-se que se atingiu a maximização da convergência das respostas dos especialistas. Isto porque se observou que poucos especialistas alteraram as respostas na terceira rodada e não foram feitas novas sugestões.

#### *12. Análise final e relatório aos participantes*

Nesta etapa, analisou-se os resultados dos questionários, conforme descrito na revisão de literatura, e certificou-se de que foi atingida a maximização do consenso das respostas dos especialistas.

Uma vez concluída a aplicação do método Delphi integrado à análise multicritério-multiatributo, desenvolveu-se a normativa para ser inserida na legislação municipal. Esta normativa visa dar o respaldo legal à prefeitura quando da adoção dos procedimentos técnicos para implantação, monitoramento e gestão dos elementos de controle de

loteamentos que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local, com a gestão de tais elementos realizada através do CTM.

Para encerrar as atividades com os especialistas, entregou-se um relatório final com os resultados da aplicação do método Delphi e com a proposição normativa para loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico, conforme pode ser observado no item 5.2. Este relatório, além de informar o resultado final do método, solicitou aos especialistas que ratificassem ou não o resultado da pesquisa. Neste caso, aguardou-se 10 dias pelo retorno. No caso dos especialistas que não responderam dentro deste prazo, considerou-se que estes concordaram com o resultado final.

O retorno dos especialistas foi positivo no que se refere à proposição de normativa apresentada. Podem-se citar algumas respostas:

E6: *“Verifiquei sua proposta e considero-a bastante completa, portanto, não tenho nada a adicionar. Parabéns pela pesquisa!”*;

E5: *“Não tenho mais nada a acrescentar. Gostaria também de agradecer por essa troca de informações. Muito interessante o dinamismo de sua pesquisa e o produto final foi de boa qualidade.”*;

E14: *“Obrigado pelo material. Não tenho nada a acrescentar. Parabéns pelo trabalho.”*.

Os símbolos E6, E5 e E14 são as identificações usadas para os especialistas.

Além disso, tiveram-se também sugestões de alterações na proposição normativa, por exemplo:

Melhoria na definição apresentada no segundo artigo: *“Bacia de retenção: reservatório com grandes dimensões escavado no solo, que retém a água temporariamente e que com o passar do tempo libera a água para a rede pluvial.”*;

Acréscimo de itens: *“Parágrafo único. Quando da solicitação do alvará de construção, o proprietário da parcela deverá informar a taxa de impermeabilização prevista com a conclusão da construção.”*.

As sugestões foram analisadas e prontamente atendidas. Como as considerações apontadas não impactaram significativamente nas proposições, não foi necessário enviar novamente as normativas para análise dos especialistas.

### **3.2.3 Terceira Etapa: Execução da Pesquisa**

Segundo a figura 3.1, a terceira etapa do método é a execução da pesquisa. Essa etapa foi subdividida em dois itens para facilitar a compreensão do processo, conforme segue.

#### **a) Aplicação do método**

Execução das atividades definidas nas etapas anteriores. Isto é, foram realizados os contatos prévios com os especialistas para verificar a aceitação dos mesmos na participação do método Delphi. Na sequência, enviou-se o questionário com as perguntas do pré-Delphi, o qual foi usado na seleção dos participantes do restante do processo, e o formulário da primeira etapa do método Delphi. Em seguida, continuou-se o processo do método Delphi de acordo com o cronograma apresentado no quadro 3.2.

Concluída a aplicação do método Delphi, desenvolveu-se a normativa que define os procedimentos necessários para implantação, monitoramento e gestão dos elementos de controle de loteamentos que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local, com gestão de tais elementos realizada através do CTM.

Por fim, a normativa foi enviada aos especialistas para que fosse validada ou fossem sugeridas alterações. O retorno dos especialistas foi favorável à proposição de normativa apresentada, e as sugestões foram prontamente atendidas.

#### ***b) Resultados e análises***

Ocorreram paralelamente à aplicação do método. Ao longo da execução do método, foram feitas diversas análises até se chegar à conclusão do método Delphi.

Concluída a aplicação do método Delphi, realizaram-se as análises dos resultados e, com estas informações, desenvolveu-se a proposição da normativa.

### **3.2.4 Quarta Etapa: Relatório da Pesquisa**

De acordo com a figura 3.1, a quarta e última etapa do método é o relatório da pesquisa. Esse relatório foi subdividido em dois itens para facilitar a compreensão de todo o processo, conforme segue.

#### ***a) Validação e estudo de caso***

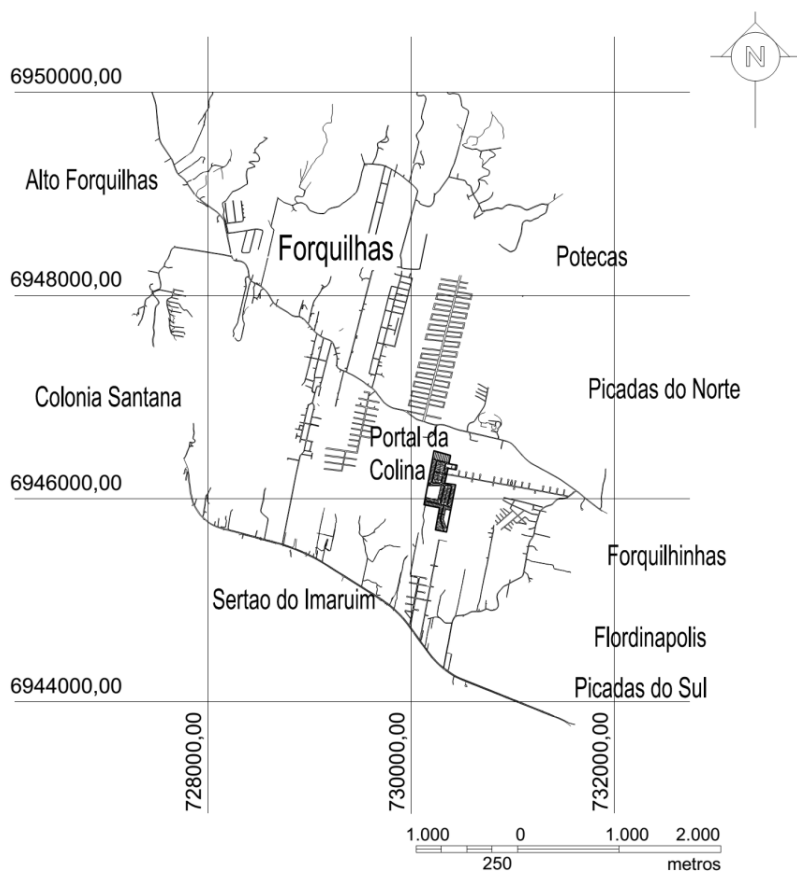
A validação dos resultados, conforme discutido na revisão bibliográfica, ocorre com a própria conclusão do método Delphi. Além disto, a normativa desenvolvida nesta pesquisa foi enviada aos especialistas para que esses fizessem suas considerações. Após o retorno das sugestões dos especialistas, foram alteradas algumas proposições e o resultado é o apresentado no item 5.2.

Para reforçar a validação da normativa, desenvolveu-se um estudo de caso com o objetivo de observar a aplicabilidade das proposições. O empreendimento escolhido para o estudo de caso foi o loteamento Portal da Colina, situado no bairro de Forquilhas, município de São José, Estado de Santa Catarina. A localização deste bairro pode

ser vista na figura 3.2, e a figura 3.3 sinaliza o referido loteamento no bairro Forquilhas.

A escolha desse loteamento para o estudo de caso se deu pelo fato de estar localizado em um bairro onde, conforme relatado na primeira etapa do método, há uma forte dinâmica de desenvolvimento territorial e um amplo interesse ambiental, principalmente quanto às inundações a jusante.

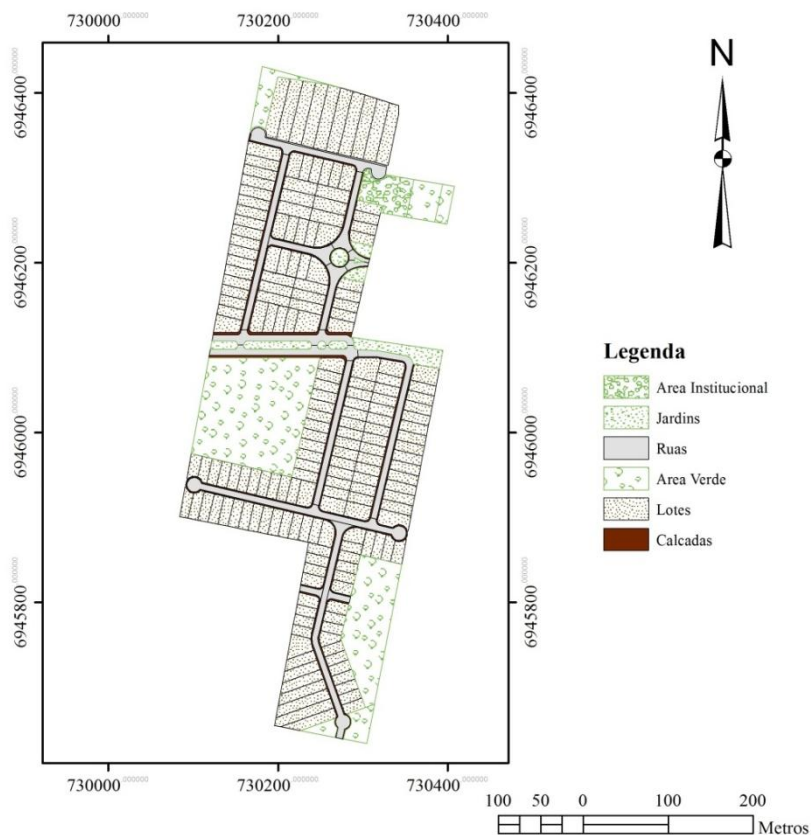
**Figura 3.3 – Localização do loteamento Portal da Colina no bairro Forquilhas, São José (SC).**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A figura 3.4 apresenta o *layout* do loteamento Portal da Colina.

**Figura 3.4 – Layout do loteamento Portal da Colina, bairro Forquilhas, São José (SC).**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Definidos os elementos de controle de loteamentos que buscam a sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local e a ordem de prioridade de tais elementos, pode-se fazer a gestão desses com o auxílio do *software* ArcGIS, por exemplo.



### ***b) Relatório final***

Nesta atividade, foram organizados todos os resultados e documentos coletados para confeccionar um relatório final com os seguintes itens: introdução, fundamentação teórica, material e método, resultados e análises, normativa de loteamento sustentável, estudo de caso, conclusões e recomendações e referências bibliográficas.

## **3.3 QUESTIONÁRIOS PARA O MÉTODO DELPHI**

O questionário do método Delphi é composto de três partes: a primeira é a carta de apresentação, que convida o especialista a participar da pesquisa, resume os seus objetivos e descreve o método Delphi sucintamente; a segunda apresenta as questões que foram usadas na seleção dos especialistas através do método multicritério-multiatributo desenvolvidas por Zapata (1995); e a terceira compreende o formulário com os questionamentos que se desejam responder com a pesquisa.

Na sequência, são apresentados três tópicos que descrevem cada parte citada do questionário Delphi.

O envio do questionário foi feito por e-mail. No corpo do texto do próprio e-mail, adicionou-se a carta de apresentação do método Delphi e um texto inicial que informava a importância da participação na pesquisa. Tanto o texto do e-mail quanto a carta de apresentação e o formulário Delphi foram testados com dois engenheiros civis antes do envio para os especialistas. O resultado da aplicação do teste é apresentado no item 3.4, que trata do teste do questionário.

O questionário foi elaborado utilizando-se a ferramenta “Criar formulário” disponível online no Google Drive (Disponível em: <<http://www.google.com/drive>>.). Com esta ferramenta, é possível criar questões e disponibilizá-las em um *link* para qualquer usuário convidado responder. O resultado é armazenado no Google Drive, que permite exportá-lo em formato compatível com o editor de planilhas Microsoft Excel. No Anexo A, apresenta-se o formato final do formulário online.

### **3.3.1 Carta de Apresentação do método Delphi**

O texto reproduzido em itálico a seguir é a carta de apresentação enviada aos especialistas.

### *Carta de apresentação*

*Prezado(a) [nome do especialista],*

*A presente pesquisa faz parte do estudo de doutorado que tem como objetivo a definição de elementos de controle para loteamentos residenciais que buscam a sustentabilidade sob a ótica do ciclo hidrológico local e do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM).*

*Para tanto, será usado o método Delphi, que se caracteriza nos seguintes passos:*

*1° - Formulação de um questionário pertinente aos objetivos da pesquisa.*

*2° - Envio do formulário aos especialistas.*

*3° - Aguardar o preenchimento do formulário e o retorno dos mesmos.*

*4° - Processamento das informações: verifica-se cada questão respondida pelos especialistas e o consenso nos resultados; se o grupo atingiu a convergência, finaliza-se o método, caso contrário, executa-se o passo 5°.*

*5° - Reenvio do questionário com as mesmas perguntas, porém apresenta-se o valor da média e moda, juntamente com o valor das respostas individuais do respectivo especialistas. As questões poderão ser alteradas conforme as sugestões enviadas na rodada anterior.*

*6° - Aguardar o preenchimento e retorno dos formulários. Na segunda rodada em diante, os especialistas podem alterar suas respostas, porém é importante que façam as justificativas. Desta forma, a tendência é de que as respostas se aproximem.*

*7° - Processamento das informações: verificar se atingiu o consenso nos resultados. Caso não tenha atingido, retorna-se para o 5° passo. O processo torna-se iterativo até que se tenha convergência entre as respostas. Normalmente o método é concluído com duas rodadas.*

*8° - Conclusão do método: atingiu-se o consenso nos resultados. Envia-se um relatório final com os resultados da pesquisa aos participantes.*

*O sigilo de nomes e informações pessoais será mantido, os resultados serão divulgados agrupados sem a possibilidade de identificação individual. Sendo assim, gostaríamos da sua valiosa colaboração neste processo respondendo o formulário na maior brevidade possível.*

*Desde já, agradecemos a sua participação e o apoio no desenvolvimento da ciência. Por fim, colocamo-nos à disposição para responder qualquer dúvida pelo endereço e telefone de contato.*

*Dados de contatos:*

*E-mail: samueljs@ifsc.edu.br*

*Fone: (48) 8408-3571*

*Endereço:*

*Instituto Federal de Santa Catarina – IF-SC*

*Departamento de Construção Civil*

*Avenida Mauro Ramos, 950 – Centro, Florianópolis (SC)*

*CEP 88020-300*

*O formulário foi dividido em três partes. A primeira apresenta questões a respeito do perfil do participante, já a segunda parte busca determinar os elementos de referência e ordem de importância desses para os loteamentos. Ressalta-se que a abordagem do formulário tem foco voltado à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico e sua terceira parte apresenta questões relacionando os elementos evidenciados e o uso do CTM na gestão/controlar territorial.*

*Desde já, muito obrigado por sua valiosa colaboração.*

### **3.3.2 Questionário para seleção dos especialistas**

Primeiramente apresenta-se o formulário com as questões (texto em itálico) que foram usadas para montar a tabela de seleção multicritério de especialistas, conforme o método definido por Zapata (1995). Na sequência, discute-se a respeito dos pesos e das medidas adotados para os critérios.

As questões com um asterisco (\*) no fim são obrigatórias.

- 1) *Qual o seu nome?*
- 2) *Qual o seu endereço para correspondência?*
- 3) *Qual o seu telefone para contato?*
- 4) *Qual o seu e-mail para contato? \**

#### **1º Critério: Experiência profissional**

- 5) *Qual o tempo total de sua experiência profissional? \**

*( ) 1 a 2 anos*

*( ) 3 a 5 anos*

*( ) 6 a 9 anos*

*( ) 10 a 14 anos*

( ) *Acima de 15 anos*

**2° Critério: Escolaridade**

6) *Qual o maior nível de sua formação acadêmica concluída? \**

( ) *Graduação*

( ) *Especialização*

( ) *Mestrado*

( ) *Doutorado*

**3° Critério: Conhecimentos em sustentabilidade ambiental**

7) *Sobre sustentabilidade ambiental, assinale as opções de acordo com a sua realidade: \**

( ) *Publicou artigo na área?*

( ) *Realizou ou realiza algum projeto de pesquisa na área?*

( ) *Realizou ou realiza alguma consultoria na área?*

( ) *Participou de algum congresso nacional ou simpósio na área?*

( ) *Participou de algum congresso internacional ou simpósio na área?*

( ) *Não realizou atividades na área.*

( ) *Outro: \_\_\_\_\_*

**4° Critério: Conhecimentos sobre loteamentos**

8) *Sobre loteamentos residenciais, assinale as opções de acordo com a sua realidade: \**

( ) *Publicou artigo na área?*

( ) *Realizou ou realiza algum projeto de pesquisa na área?*

( ) *Realizou ou realiza alguma consultoria na área?*

( ) *Participou de algum congresso nacional ou simpósio na área?*

( ) *Participou de algum congresso internacional ou simpósio na área?*

( ) *Não realizou atividades na área.*

( ) *Outro: \_\_\_\_\_*

**5° Critério: Conhecimentos sobre solos**

9) *Sobre solos, assinale as opções de acordo com a sua realidade: \**

( ) *Publicou artigo na área?*

( ) *Realizou ou realiza algum projeto de pesquisa na área?*

( ) *Realizou ou realiza alguma consultoria na área?*

( ) *Participou de algum congresso nacional ou simpósio na área?*

( ) *Participou de algum congresso internacional ou simpósio na área?*

( ) Não realizou atividades na área.

( ) Outro: \_\_\_\_\_

#### **6° Critério: Conhecimentos sobre impactos ambientais**

10) Sobre impactos ambientais provocados pelo desenvolvimento urbano, assinale as opções de acordo com a sua realidade: \*

( ) Publicou artigo na área?

( ) Realizou ou realiza algum projeto de pesquisa na área?

( ) Realizou ou realiza alguma consultoria na área?

( ) Participou de algum congresso nacional ou simpósio na área?

( ) Participou de algum congresso internacional ou simpósio na área?

( ) Não realizou atividades na área.

( ) Outro: \_\_\_\_\_

#### **7° Critério: Conhecimentos sobre CTM**

11) Sobre Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), assinale as opções de acordo com a sua realidade: \*

( ) Publicou artigo na área?

( ) Realizou ou realiza algum projeto de pesquisa na área?

( ) Realizou ou realiza alguma consultoria na área?

( ) Participou de algum congresso nacional ou simpósio na área?

( ) Participou de algum congresso internacional ou simpósio na área?

( ) Não realizou atividades na área.

( ) Outro: \_\_\_\_\_

#### ***Pesos e medidas dos critérios***

De acordo com a revisão bibliográfica apresentada no item 2.5, que trata do método Delphi, será mantido o mesmo peso para todos os critérios, assumindo-se valor igual a 1. Definiu-se os pesos iguais para todos os critérios, haja vista que a importância de cada um foi considerada a mesma, não sendo necessário assumir um peso diferenciado para algum critério.

Os dois primeiros critérios foram processados de acordo com o mesmo procedimento, já que apresentam como resposta dados qualitativos (ordinal) e só pôde ser escolhida uma opção como resposta. Para determinar o valor dos critérios, realizou-se uma mudança de escala da ordinal para a intervalar. Para tanto, cada opção de resposta

passou a ter uma medida numérica com valores que variavam de 1 a 10, conforme apresentado nas tabelas 3.1 e 3.2.

**Tabela 3.1 – Faixas de experiência x medida considerada.**

<b>Faixa de respostas</b>	<b>Medida considerada</b>
De 1 a 2 anos	2
De 3 a 5 anos	4
De 6 a 9 anos	6
De 10 a 14 anos	8
Acima de 15 anos	10

**Tabela 3.2 – Escolaridade x medida considerada**

<b>Escolaridade</b>	<b>Medida considerada</b>
Graduação	1
Especialização	3
Mestrado	6
Doutorado	10

Para os demais critérios adotados, realizou-se a conversão de escala através da adoção do valor numérico 2 para cada resposta positiva e zero para cada resposta negativa (ou seja, não tem conhecimento na área). Como foram consideradas cinco opções que poderiam ser respondidas como positivas, o valor total das somas das respostas poderia variar entre zero e 10 pontos, em que zero se aplicaria caso a única resposta escolhida fosse “Não realizou atividades na área”.

Desta forma, a tabela multicritério para seleção de especialistas ficou conforme apresentado na tabela 3.3.

**Tabela 3.3 – Seleção multicritério de especialistas**

Critério	Peso	Especialistas				
		E1	E2	E3	...	Em
Experiência profissional	1	$g_{1,1}$	$g_{1,2}$	$g_{1,3}$	...	$g_{1,n}$
Escolaridade	1	$g_{2,1}$	$g_{2,2}$	$g_{2,3}$	...	$g_{2,n}$
Conhecimentos sobre sustentabilidade ambiental	1	$g_{3,1}$	$g_{3,2}$	$g_{3,3}$	...	$g_{3,n}$
Conhecimentos sobre loteamentos	1	$g_{4,1}$	$g_{4,2}$	$g_{4,3}$	...	$g_{4,n}$
Conhecimentos sobre solos	1	$g_{5,1}$	$g_{5,2}$	$g_{5,3}$	...	$g_{5,n}$
Conhecimentos sobre impactos ambientais	1	$g_{6,1}$	$g_{6,2}$	$g_{6,3}$	...	$g_{6,n}$
Conhecimentos sobre CTM	1	$g_{7,1}$	$g_{7,2}$	$g_{7,3}$	...	$g_{7,n}$
<b>Função de utilidade</b>		$U_1$	$U_2$	$U_3$	...	$U_n$

Fonte: desenvolvido pelo autor

### 3.3.3 Questionário para definição de prioridade dos elementos

Conforme já foi relatado, enviou-se o questionário para a seleção dos especialistas junto com o questionário Delphi. Por esse motivo, as perguntas apresentadas a seguir possuem numeração iniciando-se de acordo com a última questão da seção anterior.

As questões de número 12 a 15 retratam a ordem de prioridade entre os elementos de controle propostos para os diferentes tipos de solos. A classificação dos solos foi realizada segundo os grupos do Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), desenvolvido inicialmente por Arthur Casagrande. Os grupos de solos argilosos (C) e solos siltosos (M) foram unidos devido à baixa permeabilidade de ambos. Dessa forma, os solos foram reunidos em quatro grandes grupos: pedregulhos (G), solo arenoso (S), solo argiloso (C) e/ou siltoso (M) e turfa (P).

A seguir, foram reproduzidas as questões usadas para a definição de prioridade dos elementos de controle para os diferentes tipos de solo.

*12.a) Na sua opinião, qual o ordem de prioridade que se deve adotar para a instalação dos elementos de controle do volume de água pluvial informados a seguir? Considere um solo pedregulhoso (G).*

*Para cada elemento de controle clique na coluna correspondente a sua respectiva ordem de prioridade. Sendo o 1º o mais importante e o 8º o menos importante. Se você tiver sugestão de algum outro elemento de controle, poderá usar o elemento "outros" para ordená-lo. Após a lista de elementos há um espaço para você identificar o item outros. Caso não considere nada no item "outros" clique na coluna 8 do mesmo e deixe o campo abaixo vazio.*

A figura 3.5 apresenta o *layout* com as opções de ordenamento usadas no formulário eletrônico Delphi.



**Figura 3.5 – Ordenamento das medidas de controle no formulário eletrônico Delphi.**

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Reservatório de detenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bacia de detenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valas de infiltração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Poços de infiltração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calçada verde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pavimentação permeável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Canal aberto com pedregulho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: desenvolvido pelo autor.

O modelo de formulário adotado permite que o especialista clique em somente uma opção por linha e exige que em todas as linhas seja selecionada uma opção. Assim evita-se deixar uma opção sem resposta.

O item 12.b) apresenta um espaço destinado às observações ou novas sugestões; no formulário eletrônico Delphi, este item vem logo abaixo das opções apresentadas na figura 3.5.

*12.b) OUTROS: caso tenha ordenado o item “outros”, informe o que você deseja considerar. Poderá também fazer algum comentário referente a esta questão ou adicionar outro item.*

Para as questões de 13 a 15, logo abaixo dos respectivos enunciados adicionaram-se as mesmas informações e opções de resposta

inseridas na questão de número 12. Logo, para evitar repetição mais três vezes, estas perguntas foram reproduzidas abaixo sem tais textos.

*13.a) Na sua opinião, qual o ordem de prioridade que se deve adotar para a instalação dos elementos de controle do volume de água pluvial informados a seguir? Considere um solo arenoso (S).*

*14.a) Na sua opinião, qual o ordem de prioridade que se deve adotar para a instalação dos elementos de controle do volume de água pluvial informados a seguir? Considere um solo argiloso (C) e/ou siltoso (M).*

*15.a) Na sua opinião, qual o ordem de prioridade que se deve adotar para a instalação dos elementos de controle do volume de água pluvial informados a seguir? Considere um solo orgânico (turfa) (P).*

*16) Você tem alguma outra sugestão de medidas de controle em loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico que devem ser considerados?*

### **3.3.4 Questionário para a definição dos atributos para o registro dos elementos de controle**

Além de definir a ordem de prioridade dos elementos de controle dos loteamentos que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local, buscou-se determinar os atributos que devem ser considerados na formação do registro dos elementos de controle.

Para tanto, nas questões de 17 a 23 inseriu-se opções de atributos para os especialistas analisarem e selecionarem aqueles que devem fazer parte do registro dos elementos de controle.

A seguir, é reproduzida a questão de número 17.

*17) Além do código/identificador unívoco e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do registro de um reservatório de detenção?*

*Além dos itens listados abaixo, farão parte do registro o nome do proprietário, endereço e coordenadas do reservatório de detenção.*

A figura 3.6 apresenta as opções de atributos sugeridos para análise dos especialistas.

**Figura 3.6 – Atributos sugeridos para formação do registro dos elementos de controle.**

☐ Área  
☐ Volume  
☐ Tipo de material construído  
☐ Revestimento superficial  
☐ Data de construção  
☐ Frequência de manutenção  
☐ Data da próxima manutenção  
☐ Informação do uso em período de seca  
☐ Outro:

Fonte: desenvolvido pelo autor.

Conforme se pode observar na figura 3.6, há uma caixa de seleção ao lado de cada opção. Os especialistas precisaram clicar nessa caixa para informar que o respectivo atributo fosse considerado. No último campo, há a opção “Outro”. Neste espaço, o especialista poderá sugerir novos atributos ou fazer comentários sobre a questão.

Nas questões de 18 a 23, foram consideradas as mesmas opções definidas para a questão 17, por isto serão reproduzidos somente os enunciados das questões citadas.

*18) Além do código/identificador único e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do registro de uma bacia de detenção?*

*19) Além do código/identificador único e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do registro de uma vala de infiltração?*

*20) Além do código/identificador único e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do registro de um poço de infiltração?*

*21) Além do código/identificador único e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do registro de uma calçada verde?*

*22) Além do código/identificador único e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do registro de uma pavimentação permeável?*

*23) Além do código/identificador unívoco e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do registro de um canal revestido com pedregulho/vegetação?*

No processamento dos resultados das questões de 17 a 23, considerou-se que o grupo concorda com o uso do atributo se ocorrer a aceitação de no mínimo 50% dos especialistas.

Após a primeira rodada do método Delphi, foram obtidas dos especialistas sugestões de novos atributos, as quais foram inseridas na segunda rodada. O resultado é apresentado no item 4, que trata dos resultados e das análises desta pesquisa.

### **3.3.5 Questionário para definição de áreas mínima permeável e verde**

Nesta pesquisa, também se definiu a área verde mínima que deve ser preservada nos loteamentos que buscam a sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local, bem como a área mínima permeável de solo a ser deixada nos lotes. Sobre isto, os especialistas foram indagados nas questões 24 e 25, conforme segue.

*24) Na sua opinião, considerando os Loteamentos Sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico local, qual deve ser o percentual mínimo de área verde preservada na gleba do loteamento?*

*25) Na sua opinião, considerando os Loteamentos Sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico local, qual deve ser o percentual mínimo de área permeável em um lote exigido pela prefeitura?*

## **3.4 TESTES DO QUESTIONÁRIO DELPHI**

Conforme já foi citado, realizou-se um teste com o questionário com dois engenheiros civis: um especialista com experiência em loteamentos e outro doutor sem experiência na área. A formatação final do questionário pode ser vista no Anexo A.

Primeiramente, realizou-se um contato por telefone com os dois engenheiros para perguntar se poderiam participar da pesquisa. Eles foram informados que, neste primeiro momento, o objetivo principal era testar o questionário. Para tanto, foi solicitado que, ao responderem o questionário, anotassem o tempo decorrido. Se tivessem dificuldades no

entendimento das questões, foram orientados a fazer sugestões de alteração e implementação.

O engenheiro especialista respondeu o questionário em 30 minutos. Ele comentou sobre dificuldade em preencher o formulário diretamente no arquivo criado no editor de textos Microsoft Word e enfatizou o deslocamento das linhas deixadas para o preenchimento, que alterava a formatação do questionário. Esse problema foi resolvido com o desenvolvimento do questionário online através da ferramenta disponível no Google Drive. Após o desenvolvimento do formulário online, solicitou-se que os mesmos especialistas fizessem o teste novamente para uma nova análise. Ambos informaram que não tiveram dificuldades com o novo formato de questionário.

Além de realizar o teste quanto ao tempo e à interpretação do questionário Delphi, aproveitou-se para verificar a aplicabilidade dos critérios definidos para a seleção dos especialistas. A tabela 3.4 apresenta os resultados obtidos com o teste.

**Tabela 3.4 – Seleção multicritério de especialistas**

Critérios	Especialistas				
	eso	1	2	3	.. m
Experiência profissional	0	0	1,3	..	1,n
Escolaridade		0	2,3	..	2,n
Conhecimentos sobre sustentabilidade			3,3	..	3,n
Conhecimentos sobre loteamentos			4,3	..	4,n
Conhecimentos sobre solos			5,3	..	5,n
Conhecimentos sobre impactos ambientais			6,3	..	6,n
Conhecimentos sobre CTM			7,3	..	7,n
<b>Função de utilidade</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>..</b>	<b>n</b>

Fonte: desenvolvido pelo autor.

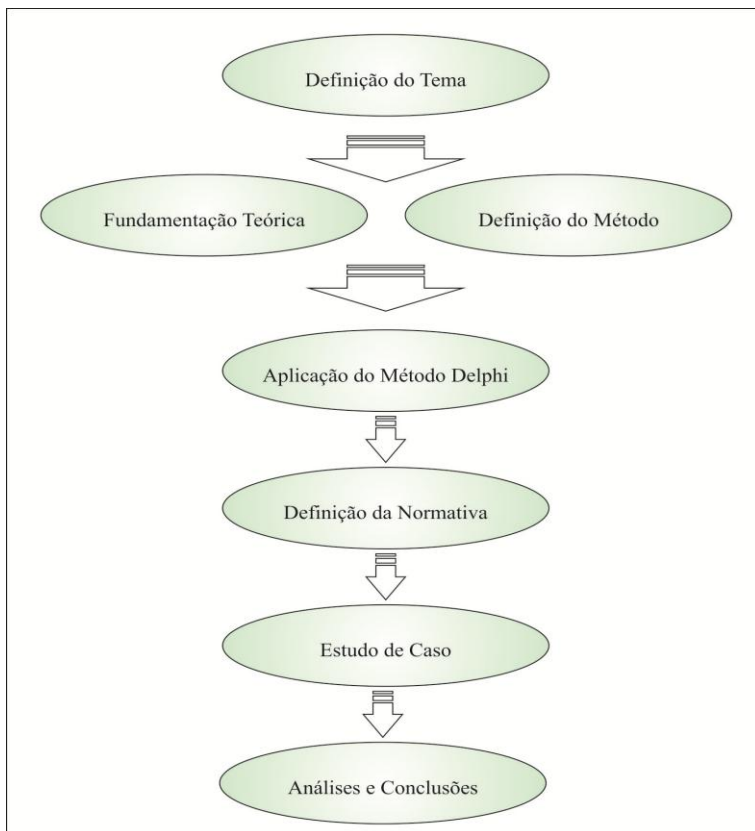
Na tabela 3.4, pode-se perceber que o engenheiro que possui especialização ( $E_I$ ) e experiência em projetos de loteamentos apresenta

uma função de utilidade superior ao engenheiro que possui doutorado ( $E_2$ ), mas não tem experiência na área. Dessa forma, demonstra-se que é possível fazer um filtro com os especialistas e selecionar os mais indicados para contribuir com a pesquisa. Para tanto, conforme descrito no item 2.5.4, serão desconsiderados os 25% que tiverem os resultados mais baixos da análise multicritério.

### 3.5 RESUMO DO MÉTODO ADOTADO

As etapas apresentadas na figura 3.1 podem ser resumidas conforme ilustrado na figura 3.7.

**Figura 3.7 – Fluxograma resumo do método da pesquisa.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Conforme pode ser observado na figura 3.7, iniciou-se a pesquisa com a definição do tema: loteamento sustentável quanto ao ciclo hidrológico. Na sequência, executou-se o levantamento da fundamentação teórica para dar sustentação científica à pesquisa. Juntamente com a revisão bibliográfica, buscou-se um método para a execução da pesquisa. Adotou-se o método Delphi para ordenar os elementos de controle e definir os atributos, principalmente devido ao fato de o método Delphi ser recomendado para uso no julgamento e na previsão de situações em que modelos estatísticos puros não são práticos ou possíveis devido à falta de dados históricos, por isto torna-se necessário algum formulário com a entrada do julgamento humano.

A etapa seguinte é a aplicação do método Delphi integrado à análise multicritério-multiatributo. Resumidamente, este procedimento consiste em aplicar um questionário, definido como questionário Delphi, com especialistas pré-classificados. Analisa-se o retorno da aplicação e se chegou-se à maximização do consenso das respostas. Caso o consenso não tenha sido atingido, aplica-se novamente o questionário, porém informa-se a média e a moda, bem como as sugestões apresentadas pelos especialistas durante a primeira aplicação.

Em seguida, é feita nova análise das respostas dos especialistas e verifica-se se foi alcançada a maximização do consenso. Caso positivo, encerra-se o envio dos formulários e encaminha-se a versão final processada com a nova média e moda para análise e sugestão dos especialistas. Caso o consenso não tenha sido atingido, faz-se novo envio do formulário com a nova média, a nova moda e as sugestões, se houver, e repete-se o ciclo até se chegar à maximização do consenso ou até não houver mudanças nas respostas dos especialistas.

Concluída esta atividade, o próximo passo é a definição da normativa para implantação, monitoramento e gestão dos elementos de controle de loteamentos que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico, com o uso do CTM. Para a definição da normativa, levaram-se em consideração os resultados obtidos com a aplicação do método Delphi.

Na sequência, desenvolveu-se um estudo de caso para verificar a viabilidade da normativa. Os resultados da aplicação pautará a análise e, portanto, a elaboração das conclusões e recomendações.





## **4 RESULTADOS E ANÁLISES**

Neste capítulo, apresentam-se os resultados obtidos com a aplicação do método Delphi, assim como se realizam as análises dos respectivos resultados. Para facilitar a compreensão, no fim do capítulo é apresentada a sistematização dos resultados obtidos após a aplicação do método Delphi.

### **4.1 SELEÇÃO DOS ESPECIALISTAS PARA O MÉTODO DELPHI**

Os especialistas foram selecionados por meio do método multicritério-multiatributo desenvolvido por Zapata (1995), em conformidade com o apresentado no item 2.5, que trata do método Delphi. Para tanto, confeccionou-se um questionário com os sete critérios de interesse da pesquisa, em consonância com o exposto no item 3.3.2, em que é transcrito o questionário para seleção dos especialistas.

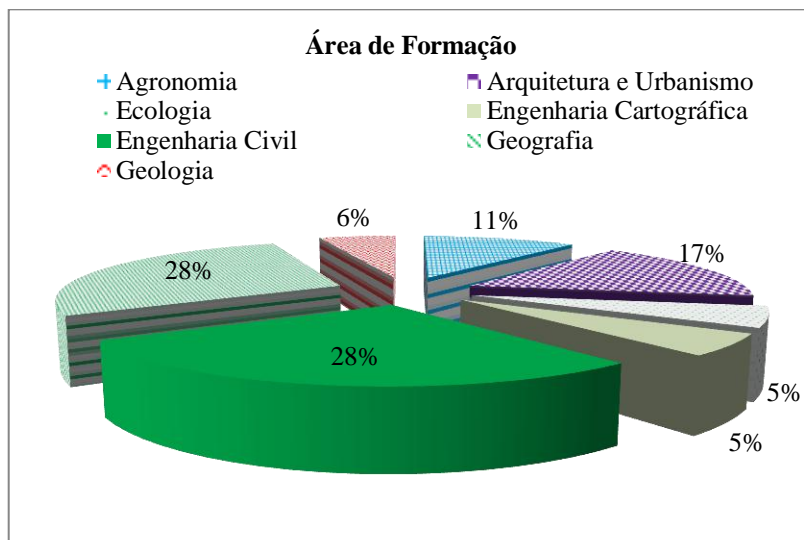
Para facilitar o entendimento dos dados obtidos com a aplicação do método Delphi na seleção dos especialistas, os resultados dos dois primeiros critérios foram agrupados no item 4.1.1 e os demais cinco critérios estão apresentados entre itens 4.1.2 a 4.1.6.

No item 4.1.7 apresenta-se os resultados das pontuações de todos os especialistas participantes com todos os critérios. Sendo que foi realizado o filtro conforme proposto por Zapata (1995) e desconsiderados os 25% dos participantes com as menores pontuações.

#### **4.1.1 Critérios: tempo de experiência e formação acadêmica**

Os dois primeiros critérios buscaram levantar o tempo de experiência e a formação acadêmica, respectivamente, dos especialistas consultados. O resultado mostrou que todos os participantes possuem no mínimo mestrado, e 83% deles possuem doutorado. Dos especialistas consultados, 28% têm entre 10 a 14 anos de experiência profissional e 72% possuem mais de 15 anos.

Além disso, verificou-se através do currículo Lattes dos especialistas, a formação dos mesmos. Para ilustrar que se trabalhou com especialistas formados em áreas diversas, mas afins, visando-se a uma análise multidisciplinar, conforme recomendações apresentadas na revisão bibliográfica, item 2.5, que trata do método Delphi. O gráfico 4.1 apresenta as áreas de formação dos especialistas consultados.

**Gráfico 4.1 – Área de formação dos especialistas consultados.**

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Por meio do gráfico 4.1, pode-se observar que há sete áreas de formação, com 45% do universo composto de arquitetos e engenheiros civis. Nos 55% restantes, há uma forte participação de geógrafos, 28%, e uma pequena participação de ecólogos e engenheiros cartógrafos, 5% cada.

Estes dois primeiros critérios (experiência profissional e escolaridade) mostram que a maioria dos especialistas possui doutorado e mais de quinze anos de experiência, no entanto não demonstram que são conhecedores sobre o tema desta pesquisa. Por isto, adotaram-se outros cinco critérios para a escolha dos especialistas. Os resultados foram apresentados nos tópicos seguintes.

#### **4.1.2 Terceiro Critério: Conhecimentos sobre sustentabilidade ambiental**

Para os cinco demais critérios usados na seleção dos especialistas, os participantes precisaram responder as seguintes perguntas:

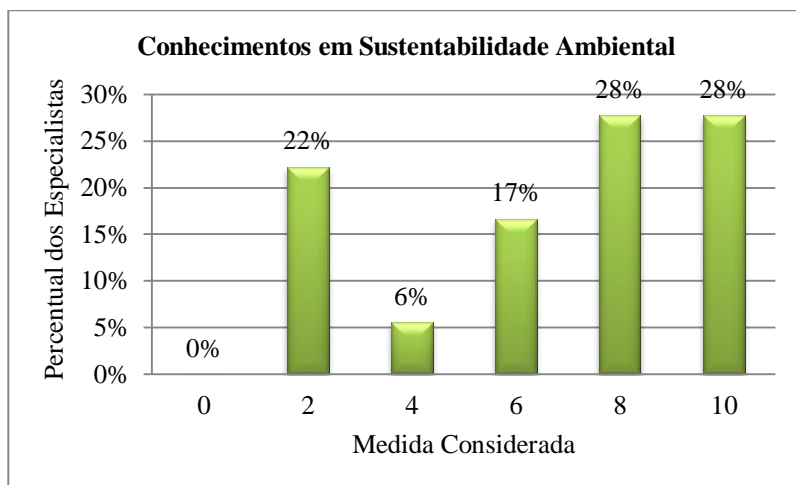
- a) Publicou artigo na área?
- b) Realizou ou realiza algum projeto de pesquisa na área?

- c) Realizou ou realiza alguma consultoria na área?
- d) Participou de algum congresso nacional ou simpósio na área?
- e) Participou de algum congresso internacional ou simpósio na área?

Realizou-se a conversão de escala através da adoção do valor numérico 2 para cada resposta positiva e zero para cada resposta negativa (ou seja, não tem conhecimento na área). Como foram consideradas cinco opções que poderiam ser respondidas como positiva, o valor total das somas das respostas poderia variar entre 0 e 10 pontos.

Para visualizar melhor os resultados do questionário quanto ao terceiro critério, elaborou-se o gráfico 4.2, que mostra um histograma dos pontos obtidos pelos especialistas.

**Gráfico 4.2 – Conhecimentos dos especialistas sobre sustentabilidade ambiental.**



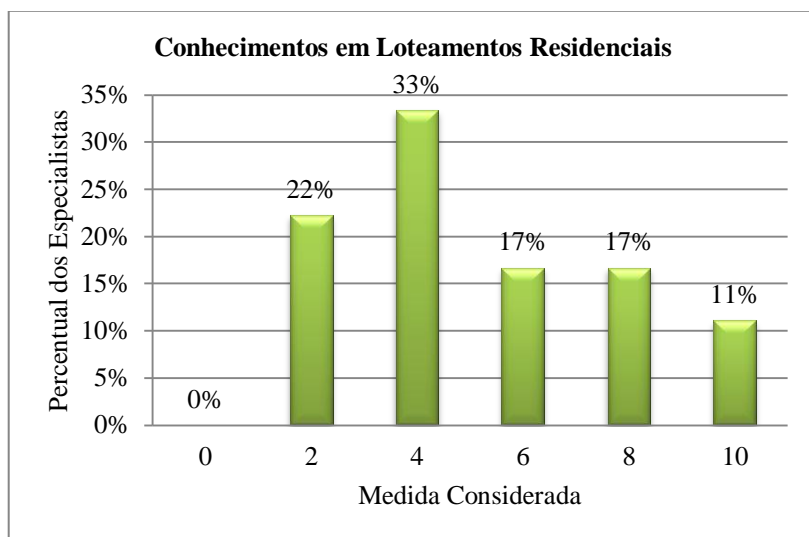
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Conforme se pode observar no gráfico 4.2, 56% dos especialistas atingiram pontuações altas, entre 8 e 10 pontos. Isto demonstra que possuem conhecimentos na área questionada.

#### 4.1.3 Quarto Critério: Conhecimentos sobre loteamentos residenciais

Para visualizar melhor os resultados do questionário quanto ao quarto critério, elaborou-se o gráfico 4.3, que mostra um histograma dos pontos obtidos pelos especialistas.

**Gráfico 4.3 – Conhecimentos dos especialistas sobre loteamentos residenciais.**

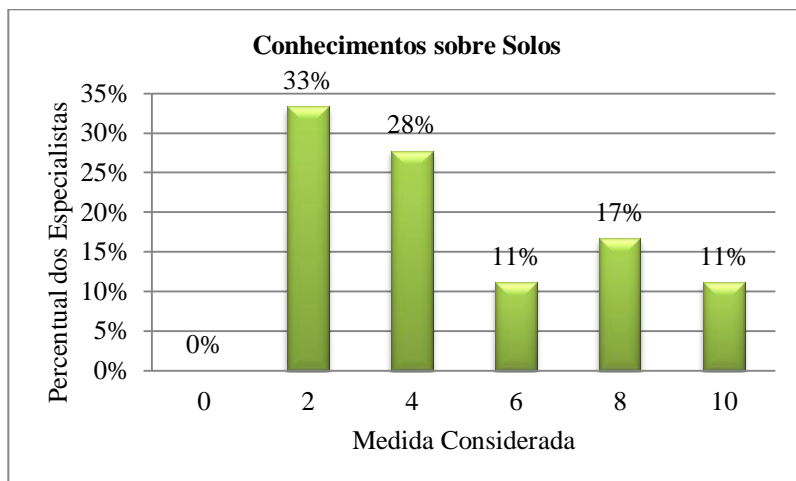


Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Por meio do gráfico 4.3, pode-se observar que somente 22% dos especialistas atingiram pontuações baixas (2 pontos) e 45% obtiveram pontuações entre 6 e 10 pontos. Isto demonstra que são conhecedores do tema loteamentos residenciais.

#### 4.1.4 Quinto Critério: Conhecimentos sobre solos

Para visualizar melhor os resultados do questionário quanto ao quinto critério, elaborou-se o gráfico 4.4, que mostra um histograma dos pontos obtidos pelos especialistas.

**Gráfico 4.4 – Conhecimentos sobre solos.**

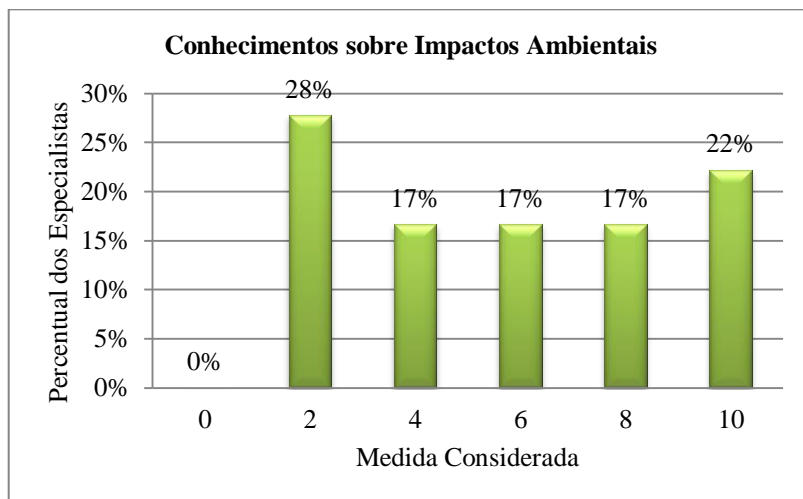
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Conforme se pode observar no gráfico 4.4, ao contrário dos critérios anteriores, um número maior de especialistas, 33%, atingiu pontuações baixas (2 pontos) e 39% obtiveram pontuações entre 6 e 10 pontos. Isto demonstra que as pessoas consultadas possuem menos conhecimentos sobre solos em relação aos critérios anteriores, entretanto podem ser considerados conhecedores de solos, haja vista que 67% apresentaram pontuações entre 4 e 10 pontos.

#### **4.1.5 Sexto Critério: Conhecimentos sobre impactos ambientais**

Este critério visa levantar os conhecimentos dos especialistas a respeito dos impactos ambientais provocados pelo desenvolvimento urbano.

Para visualizar melhor os resultados do questionário quanto ao sexto critério, elaborou-se o gráfico 4.5, que mostra um histograma dos pontos obtidos pelos especialistas.

**Gráfico 4.5 – Conhecimentos sobre impactos ambientais.**

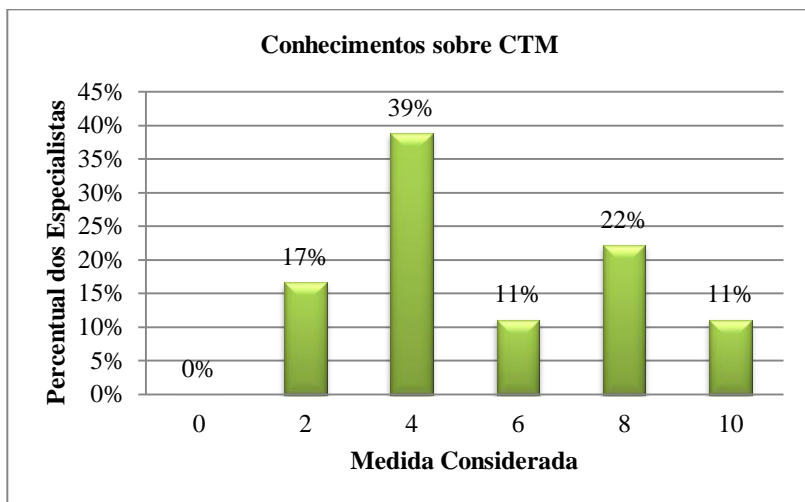
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Por meio do gráfico 4.5, pode-se observar que 56% dos especialistas atingiram pontuações entre 6 e 10 pontos e 28% alcançaram somente 2 pontos. Isto demonstra que o grupo consultado possui conhecimentos na área questionada.

#### **4.1.6 Sétimo Critério: Conhecimentos sobre CTM**

O último critério considerado busca levantar se os especialistas possuem conhecimentos sobre Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM).

Para visualizar melhor os resultados do questionário quanto ao sétimo critério, elaborou-se o gráfico 4.6, que mostra um histograma dos pontos obtidos pelos especialistas.

**Gráfico 4.6 – Conhecimentos sobre CTM.**

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Conforme se pode observar no gráfico 4.6, somente 17% dos especialistas atingiram pontuações baixas (2 pontos) e 44% obtiveram pontuações entre 6 e 10 pontos. Isto demonstra que são conhecedores sobre CTM.

#### **4.1.7 Resumo das pontuações e seleção dos especialistas**

Os resultados das pontuações totais obtidas pelos participantes nos sete critérios adotados podem ser visto na tabela 4.1. Nesta tabela, os símbolos E1, E2, E3, ..., E23 representam os especialistas.

**Tabela 4.1 – Seleção multicritério de especialistas**

<b>Critérios</b>		<b>Tempo de experiência</b>	<b>Formação acadêmica</b>	<b>Conhecimentos em sustentabilidade ambiental</b>	<b>Conhecimentos em loteamentos residenciais</b>	<b>Conhecimentos sobre solos</b>	<b>Conhecimentos sobre impactos ambientais</b>	<b>Conhecimentos sobre (CTM)</b>	<b>Função de Utilidade</b>
<b>Peso</b>		1	1	1	1	1	1	1	
<b>Especialistas</b>	<b>E1</b>	10	10	8	2	8	4	4	<b>46</b>
	<b>E2</b>	10	10	4	6	2	4	8	<b>44</b>
	<b>E3</b>	10	10	2	2	2	6	4	<b>36</b>
	<b>E4</b>	10	10	8	2	8	8	6	<b>52</b>
	<b>E5</b>	8	10	6	2	10	6	2	<b>44</b>
	<b>E6</b>	8	10	2	4	2	8	2	<b>36</b>
	<b>E7</b>	10	10	2	4	2	6	4	<b>38</b>
	<b>E8</b>	10	10	8	4	2	2	4	<b>40</b>
	<b>E9</b>	8	10	10	10	10	10	10	<b>68</b>
	<b>E10</b>	8	6	8	8	4	4	2	<b>40</b>
	<b>E11</b>	10	6	2	4	2	2	4	<b>30</b>
	<b>E12</b>	10	10	10	10	6	10	4	<b>60</b>
	<b>E13</b>	10	10	8	8	2	8	6	<b>52</b>
	<b>E14</b>	10	10	6	8	6	2	4	<b>46</b>
	<b>E15</b>	10	6	10	6	8	10	10	<b>60</b>
	<b>E16</b>	10	10	2	4	4	2	8	<b>40</b>
	<b>E17</b>	10	10	6	4	4	2	4	<b>40</b>
	<b>E18</b>	6	6	4	6	4	2	2	<b>30</b>
	<b>E19</b>	10	1	0	2	4	0	8	<b>25</b>
	<b>E20</b>	10	10	10	4	4	2	8	<b>48</b>
	<b>E21</b>	8	6	10	6	4	10	8	<b>52</b>
	<b>E22</b>	10	3	2	2	2	4	4	<b>27</b>
	<b>E23</b>	10	6	2	2	2	2	4	<b>28</b>

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

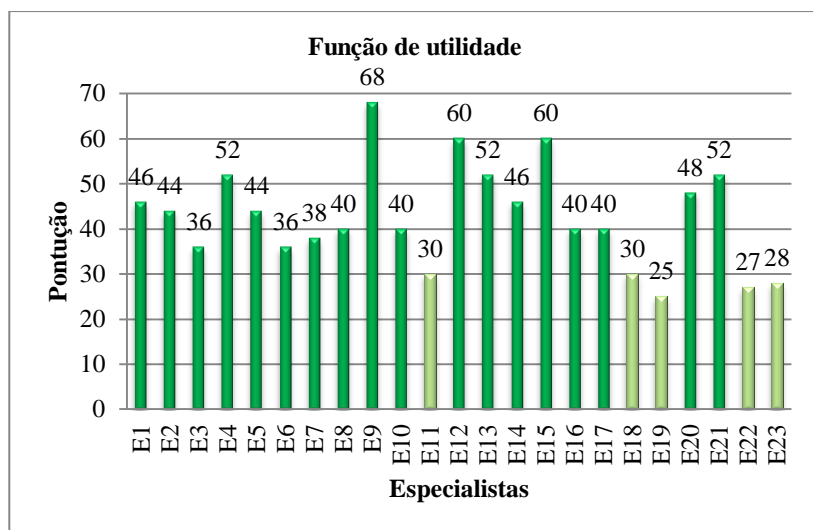
De acordo com o exposto no item 2.5.4, que trata da seleção dos especialistas, os 25% dos participantes com menor função de utilidade seriam desconsiderados. Neste caso, conseguiu-se a participação de 23



especialistas, logo 5,75 deveriam ser retirados do processo. Considerou-se o arredondamento para baixo (5,0) para permitir participação de mais especialistas.

Analisando-se os resultados apresentados nas tabelas 4.1, pode-se observar que os especialistas com menores funções de utilidade foram E11, E18, E19, E22 e E23, cujos valores foram 30, 30, 25, 27 e 28 respectivamente. Para facilitar a visualização dos resultados apresentados na tabela 4.1, elaborou-se o gráfico 4.1, conforme segue.

**Gráfico 4.7 – Função de utilidade dos especialistas.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

No gráfico 4.7, os resultados das funções de utilidade dos especialistas com os cinco menores valores foram diferenciados em um tom de verde claro (E11, E18, E19, E22 e E23). Ainda sobre o gráfico 4.7, pode-se observar que todos os especialistas apresentaram pontuações acima da média (35 pontos), levando-se em consideração que o máximo possível é 70 pontos. Além disso, seis especialistas (33% do universo) alcançaram mais de 50 pontos. Isto mostra que o grupo consultado tem conhecimentos sobre o tema da pesquisa.

## 4.2 ORDEM DE PRIORIDADE DOS ELEMENTOS DE CONTROLE

Um dos objetivos da pesquisa é determinar a ordem de prioridade dos elementos de controle dos LS para diferentes tipos de solos. Para tanto, conforme já foi descrito, aplicou-se o método Delphi com um grupo de especialistas. O resultado pode ser observado nos itens seguintes.

### 4.2.1 Solo Pedregulhoso (G)

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), pode-se classificar solo pedregulhoso como sendo aquele em que mais da metade da fração grosseira é maior que a abertura da peneira de malha nº 4, apresentando uma mistura de areia com pouco ou nenhum solo fino (HOLTZ; KOVACS, 1981).

Conforme já foi descrito, questionou-se aos especialistas qual deveria ser a ordem de prioridade para a implementação dos elementos de controle do volume de água pluvial na implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico local. O resultado da aplicação do método Delphi está apresentado na tabela 4.2.

**Tabela 4.2 – Ordem de prioridade dos elementos de controle para solo pedregulhoso (G), segundo os especialistas consultados.**

Elementos	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>E1</b>	7	6	3	4	1	2	5	8
<b>E2</b>	6	5	3	4	2	1	7	8
<b>E3</b>	7	6	3	5	2	1	4	8
<b>E4</b>	7	4	3	6	2	1	5	8
<b>E5</b>	6	5	3	4	1	2	7	8
<b>E6</b>	6	3	2	4	3	1	6	8
<b>E7</b>	7	6	2	4	3	1	5	8
<b>E8</b>	7	6	3	5	2	1	4	8
<b>E9</b>	4	4	6	7	2	1	7	8
<b>E10</b>	7	6	3	4	2	1	5	8
<b>E12</b>	2	1	6	7	4	5	3	8
<b>E13</b>	6	6	6	4	3	2	4	8
<b>E14</b>	6	7	4	3	2	1	5	8
<b>E15</b>	4	3	6	8	1	7	2	5
<b>E16</b>	7	5	6	4	2	1	3	8
<b>E17</b>	7	6	3	5	2	1	4	8
<b>E20</b>	7	6	3	5	2	1	4	8
<b>E21</b>	7	6	4	2	3	1	5	8

Legenda:

A - Reservatório de detenção;

B - Bacia de detenção;

C - Valas de infiltração;

D - Poços de infiltração;

E - Calçadas verdes;

F - Pavimentação permeável;

G - Canal com pedregulho/vegetação;

H - Outros

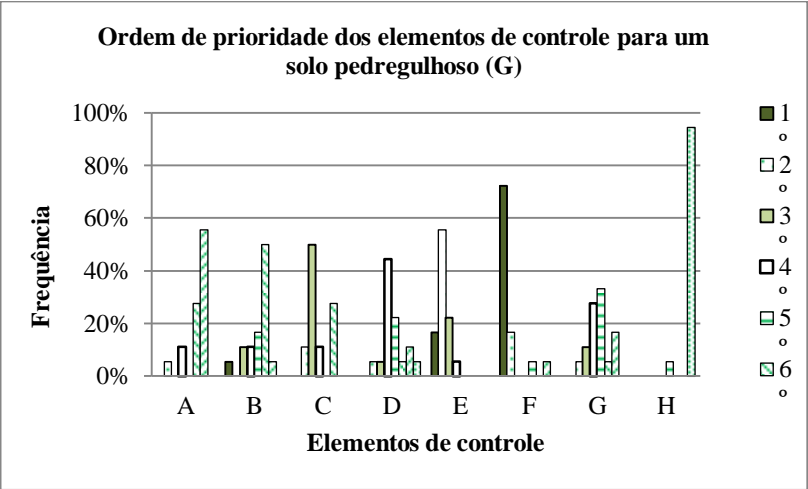
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Na tabela 4.2, pode-se observar que o especialista identificado como E15 considerou como 5 a ordem de classificação para o elemento “H” (Outros). A sugestão do profissional é de que, na quinta posição, devem ser consideradas áreas verdes e praças. Como a área verde já é objeto de questionamento no método Delphi, não se levou em consideração a sugestão apresentada.

Já o especialista E17 ordenou o elemento “H” (Outros) na segunda posição, na primeira rodada do método. Neste caso, a sugestão é que se considere o uso de telhados verdes ou reservatórios de detenção/retenção nas residências. Segundo o especialista, essa proposta deverá ser uma das exigências para o proprietário da parcela obter o alvará de construção em loteamento sustentáveis. Essa sugestão foi considerada na proposição de normativa.

Para facilitar a visualização dos resultados apresentados na tabela 4.2, confeccionou-se um histograma, o qual é apresentado no gráfico 4.8.

**Gráfico 4.8 – Histograma da ordem de prioridade dos elementos de controle para um solo pedregulhoso (G), segundo os especialistas consultados.**



Legenda:

- |                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| A - Reservatório de detenção; | E - Calçadas verdes;                |
| B - Bacia de detenção;        | F - Pavimentação permeável;         |
| C - Valas de infiltração;     | G - Canal com pedregulho/vegetação; |
| D - Poços de infiltração;     | H - Outros                          |

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

No gráfico 4.8, podem-se observar as respostas mais frequentes dos especialistas para cada elemento de controle.

Na tabela 4.3, a seguir, apresenta-se a relação dos elementos de controle com as respectivas médias, modas e frequências das respostas da moda. Os dados foram ordenados de acordo com a moda.

**Tabela 4.3 – Ordenação dos elementos de controle de LS para solo pedregulhoso (G) conforme a moda.**

Elementos de controles		Média	Moda	Frequência
F	Pavimentação permeável	1,7	1	72%
E	Calçada verde	2,2	2	56%
C	Valas de infiltração	3,8	3	50%
D	Poços de infiltração	4,7	4	44%
G	Canal com pedregulho/vegetação	4,7	5	33%
B	Bacia de detenção	5,1	6	50%
A	Reservatório de detenção	6,1	7	56%
H	Outros	7,8	8	94%

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Optou-se por ordenar os elementos de controles de acordo com a moda por ser uma variável do tipo ordinal. Dessa forma, para o solo pedregulhoso, a sequência de prioridade dos elementos de controle para a implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico será estabelecida conforme o apresentado na tabela 4.3.

#### **4.2.2 Solo Arenoso (S)**

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), pode-se classificar solo arenoso como sendo aquele em que mais da metade da fração grosseira é menor que a abertura da peneira de malha nº 4, apresentando uma mistura de areia com pouco ou nenhum solo fino (HOLTZ; KOVACS, 1981).

Para o solo arenoso, está apresentada na tabela 4.4 a definição da ordem de prioridade para a implementação dos elementos de controle do volume de água pluvial na implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico local.

**Tabela 4.4 – Ordem de prioridade dos elementos de controle para solo arenoso (S), segundo os especialistas consultados**

Elementos	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>E1</b>	7	6	3	4	1	2	4	8
<b>E2</b>	7	5	3	6	1	2	4	8
<b>E3</b>	7	6	3	5	1	2	4	8
<b>E4</b>	7	4	3	6	1	2	5	8
<b>E5</b>	7	4	2	1	3	6	5	8
<b>E6</b>	5	4	2	4	2	3	6	8
<b>E7</b>	2	1	3	4	5	6	7	8
<b>E8</b>	7	6	3	5	2	1	4	8
<b>E9</b>	2	1	1	3	2	2	3	8
<b>E10</b>	7	6	3	4	2	1	5	8
<b>E12</b>	2	1	6	7	4	5	3	8
<b>E13</b>	6	6	4	4	2	3	5	8
<b>E14</b>	6	7	2	4	2	1	5	8
<b>E15</b>	5	4	6	8	1	2	7	3
<b>E16</b>	7	6	4	3	1	2	5	8
<b>E17</b>	7	6	3	5	2	1	4	8
<b>E20</b>	7	6	3	4	1	2	5	8
<b>E21</b>	7	6	3	4	1	2	5	8

Legenda:

A - Reservatório de detenção;

B - Bacia de detenção;

C - Valas de infiltração;

D - Poços de infiltração;

E - Calçadas verdes;

F - Pavimentação permeável;

G - Canal com pedregulho/vegetação;

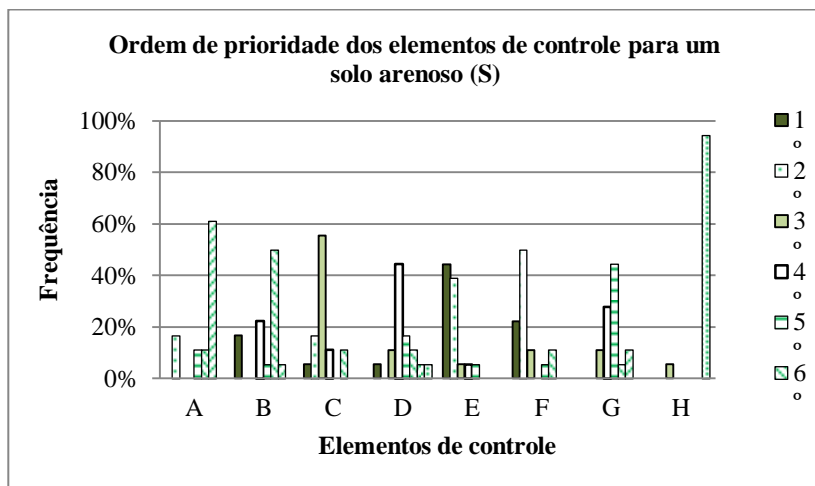
H - Outros

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Na tabela 4.4, pode-se observar que o especialista E15 considerou uma ordem de classificação para o elemento “H” (Outros) diferente dos demais. Neste caso, a sugestão do especialista é a mesma apresentada para solo pedregulhoso (G).

Para facilitar a visualização dos resultados apresentados na tabela 4.4, confeccionou-se um histograma, o qual é apresentado no gráfico 4.9.

**Gráfico 4.9 – Histograma da ordem de prioridade dos elementos de controle para um solo arenoso (S), segundo os especialistas consultados.**



Legenda:

A - Reservatório de detenção;

B - Bacia de detenção;

C - Valas de infiltração;

D - Poços de infiltração;

E - Calçadas verdes;

F - Pavimentação permeável;

G - Canal com pedregulho/vegetação;

H - Outros

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Por meio do gráfico 4.9, podem-se observar as respostas mais frequentes dadas pelos especialistas para cada elemento de controle.

A tabela 4.5 apresenta a relação dos elementos de controle com as respectivas médias, modas e frequências das respostas da moda. Os dados foram ordenados de acordo com a moda .

**Tabela 4.5 – Ordenação dos elementos de controle de LS para solo arenoso (S).**

Elementos de controles		Média	Moda	Frequência
E	Calçada verde	1,9	1	44%
F	Pavimentação permeável	2,5	2	50%
C	Valas de infiltração	3,2	3	56%
D	Poços de infiltração	4,5	4	44%
G	Canal com pedregulho/vegetação	4,8	5	44%
B	Bacia de detenção	4,7	6	50%
A	Reservatório de detenção	5,8	7	61%
H	Outros	7,7	8	94%

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Conforme já foi citado, optou-se por ordenar os elementos de controle segundo a moda pelo fato de esta variável ser do tipo ordinal. Assim, para o solo arenoso, a sequência de prioridade dos elementos de controle para a implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico será estabelecida conforme o apresentado na tabela 4.5.

#### **4.2.3 Solo Argiloso (C) e/ou Siltoso (M)**

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), solos com granulação fina (argiloso (C) e/ou siltoso (M)) podem ser classificados como sendo aqueles em que mais da metade da fração grosseira é menor que a abertura da peneira de malha nº 200, apresentando uma mistura composta por siltes, areias muito finas, alteração de rocha, areias finas siltosas ou argilosas, argilas arenosas, argilas siltosas, argilas magras, entre outros (HOLTZ; KOVACS, 1981).

Para o solo com granulação fina (argiloso (C) e/ou siltoso (M)), está apresentada na tabela 4.6 a definição da ordem de prioridade para a implementação dos elementos de controle do volume de água pluvial na implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico local.



**Tabela 4.6 – Ordem de prioridade dos elementos de controle para solo arenoso (S), segundo os especialistas consultados**

Elementos	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>E1</b>	7	6	5	5	1	2	5	8
<b>E2</b>	2	1	5	7	3	4	6	8
<b>E3</b>	1	2	5	7	3	4	6	8
<b>E4</b>	3	4	5	6	2	1	5	8
<b>E5</b>	3	4	6	7	1	2	5	8
<b>E6</b>	1	2	4	4	4	5	6	8
<b>E7</b>	1	2	4	6	5	6	7	8
<b>E8</b>	1	2	5	3	7	6	4	8
<b>E9</b>	3	2	7	7	3	7	7	8
<b>E10</b>	1	2	5	7	3	4	6	8
<b>E12</b>	1	2	6	7	4	5	3	8
<b>E13</b>	2	2	5	6	4	4	6	8
<b>E14</b>	2	1	6	7	3	4	5	8
<b>E15</b>	2	3	4	8	5	6	7	1
<b>E16</b>	1	2	5	7	3	4	6	8
<b>E17</b>	1	2	5	7	3	4	6	8
<b>E20</b>	1	2	4	3	7	6	5	8
<b>E21</b>	1	2	6	7	4	5	3	8

Legenda:

A - Reservatório de detenção;

B - Bacia de detenção;

C - Valas de infiltração;

D - Poços de infiltração;

E - Calçadas verdes;

F - Pavimentação permeável;

G - Canal com pedregulho/vegetação;

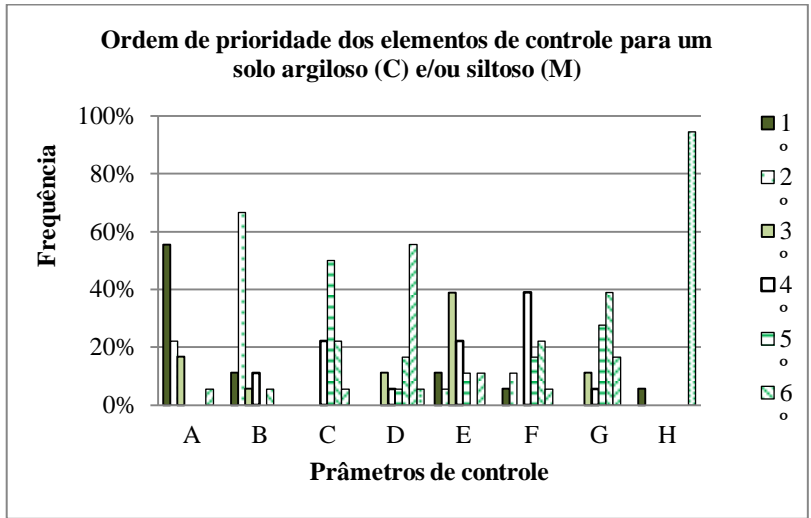
H – Outros

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Na tabela 4.6, pode-se observar que o especialista identificado como E15 considerou uma ordem de classificação para o elemento “H” (Outros) diferente dos demais. Neste caso, a sugestão do especialista é a mesma apresentada para solo pedregulhoso (G).

Para facilitar a visualização dos resultados apresentados na tabela 4.6, confeccionou-se um histograma, o qual é apresentado no gráfico 4.10.

**Gráfico 4.10 – Prioridade dos elementos de controle para um solo argiloso (C) e/ou siltoso (M).**



Legenda:

- |                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| A - Reservatório de detenção; | E - Calçadas verdes;                |
| B - Bacia de detenção;        | F - Pavimentação permeável;         |
| C - Valas de infiltração;     | G - Canal com pedregulho/vegetação; |
| D - Poços de infiltração;     | H - Outros                          |

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

No gráfico 4.10, podem-se observar as respostas mais frequentes dos especialistas para cada elemento de controle.

A tabela 4.7 apresenta a relação dos elementos de controle com as respectivas médias, modas e frequências das respostas da moda. Os dados foram ordenados de acordo com a moda.

**Tabela 4.7 – Ordenação dos elementos de controle de LS para solo argiloso (C) e/ou siltoso (M).**

	<b>Elementos de controles</b>	<b>Média</b>	<b>Moda</b>	<b>Frequência</b>
A	Reservatório de detenção	1,9	1	56%
B	Bacia de detenção	2,4	2	67%
E	Calçada verde	3,6	3	39%
F	Pavimentação permeável	4,4	4	39%
C	Valas de infiltração	5,1	5	50%
D	Poços de infiltração	5,4	6	39%
G	Canal com pedregulho/vegetação	6,2	7	56%
H	Outros	7,6	8	94%

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Conforme já foi citado, optou-se por ordenar os elementos de controle segundo a moda por esta ser uma variável do tipo ordinal. Desta forma, a sequência de prioridade dos elementos de controle para a implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico em solo argiloso (C) e/ou siltoso (M) será estabelecida conforme o apresentado na tabela 4.7.

#### **4.2.4 Solo Orgânico (Turfa) (P)**

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), pode-se classificar solo orgânico (turfa) (P) como sendo aquele que apresenta elevado teor de matéria orgânica. Este tipo de solo é identificado por aspectos como cor, cheiro, porosidade e normalmente apresenta textura fibrosa (HOLTZ; KOVACS, 1981).

Na aplicação do método Delphi, esse tipo de solo foi considerado área *non aedificandi*. Isto é, não é permitida a ocupação de solo orgânico para fins residenciais. Em um loteamento, este tipo de solo poderá constituir uma área verde, área de lazer ou ter outros fins que não seja a construção de edificações.

A sugestão de considerar o solo orgânico (turfa) (P) como área *non aedificandi* partiu dos especialistas após a primeira rodada do método Delphi. Com essa condição inserida para o solo orgânico, na segunda rodada do método obteve-se 67% de apoio dos especialistas.

Assim, a maioria concordou em não permitir a ocupação de solo orgânico com construções em loteamento sustentáveis.

Dessa forma, quando o solo for caracterizado como orgânico, a sua área será considerada como *non aedificandi* em LS que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local.

#### 4.3 ÁREA VERDE MÍNIMA DO LOTEAMENTO

Durante a implantação de novos loteamentos a paisagem natural e a vegetação são diretamente afetadas, principalmente, pela terraplanagem executada quando da implantação do loteamento. O resultado do desmatamento é facilmente visível ao longo da atividade de terraplanagem. A figura 4.1 apresenta uma imagem aérea do loteamento Jardim Botânico em fase de construção, considerando um intervalo temporal de apenas dois anos. Este loteamento localiza-se no bairro Potecas, município de São José, Estado de Santa Catarina.

**Figura 4.1 – Imagens aéreas do loteamento Jardim Botânico – São José/SC.**



(a) - Data 11/2009.



(b) - Data 01/2011.

Fonte: *Google Earth*.

A figura 4.1 (a) apresenta a área do loteamento Jardim Botânico em novembro de 2009, aproximadamente um ano antes do início da implantação. A figura 4.1 (b) mostra a mesma área em janeiro de 2011, na qual se pode constatar o avanço da terraplanagem.

Além disto, observa-se que a terraplanagem remove toda a vegetação existente na área afetada. Como consequência, podem-se citar aumento do escoamento superficial, redução da infiltração da água, maiores picos e volumes de água de chuvas e assoreamento em galerias e canais (TUCCI et al., 1995; MOTA, 2003). Esses efeitos foram analisados no item 2.3, que trata de loteamentos e impactos ao meio ambiente, por isto não é necessária maior discussão.

Por outro lado, mesmo com os problemas citados anteriormente com a implantação de loteamentos devido, principalmente, à remoção de parte da vegetação natural para a definição de ruas e lotes, não se pode impedir que o processo ocorra, haja vista que, conforme Brasil (2009-b), em 2007 havia um déficit habitacional no País de 6,273 milhões de domicílios. Deste modo, a alternativa é definir uma área mínima de vegetação (área verde) que deverá ser mantida em LS quanto ao ciclo hidrológico.

Por esse motivo, questionou-se aos especialistas, por meio do método Delphi, qual deve ser a área verde mínima a ser exigida pela prefeitura para loteamentos que buscam a sustentabilidade. O resultado da aplicação do método Delphi pode ser observado na tabela 4.8.

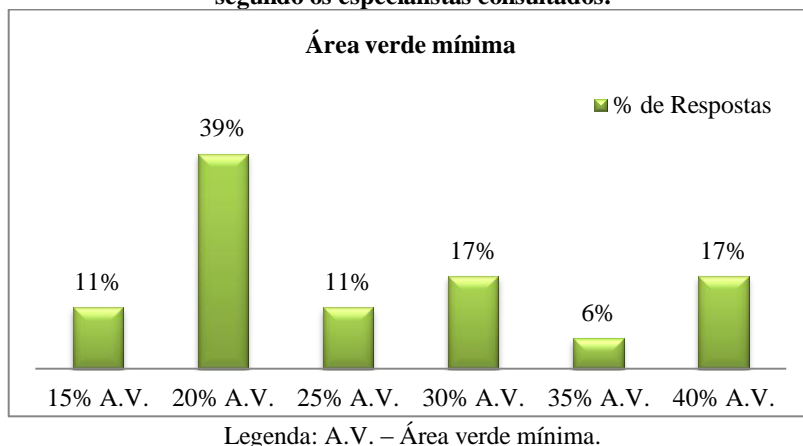
**Tabela 4.8 – Área verde mínima em LS, segundo os especialistas consultados.**

<b>Espec.</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>	<b>E9</b>
<b>%</b>	20	20	20	20	30	35	30	40	20
<b>Espec.</b>	<b>E10</b>	<b>E12</b>	<b>E13</b>	<b>E14</b>	<b>E15</b>	<b>E16</b>	<b>E17</b>	<b>E20</b>	<b>E21</b>
<b>%</b>	25	15	25	30	15	20	40	40	20

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Para facilitar a visualização do resultado, verificou-se o número de respostas iguais e construiu-se o histograma apresentado no gráfico 4.11.

**Gráfico 4.11 – Histograma do percentual mínimo de área verde para LS, segundo os especialistas consultados.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Conforme se pode observar no gráfico 4.11, 39% dos especialistas concordaram que deverá ser exigido um mínimo de 20% de área do loteamento para área verde, 11% aceitam no mínimo 25% e 17% afirmam que são necessários 30%. Assim, 67% dos especialistas aceitaram que se deve ter uma taxa mínima de área verde entre 20% e 30% da gleba em loteamentos sustentáveis.

Levando-se em consideração a opinião dos especialistas e o fato de as variáveis serem contínuas, será adotado o valor da média, e não o da moda. A média das respostas foi de 25,8% e a moda, de 20%. Como o intuito desta pesquisa é a contribuição para definir uma norma orientativa, será adotado o valor inteiro de 25%, em vez de se arredondar para 26%, a fim de aproximá-lo mais da sugestão de 61% dos especialistas, que indicaram um percentual mínimo de área verde entre 15% e 25%.

Logo, um dos itens da normativa para a implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico local é de que sejam previstos no mínimo 25% da área total a ser loteada como área verde.

#### 4.4 ÁREA MÍNIMA PERMEÁVEL DO LOTE (PARCELA)

Conforme apresentado no item 2.3.3, que trata dos impactos ambientais na água, a impermeabilização de solo apresenta como

principais consequências o aumento do volume e da vazão de pico da água pluvial e a maior frequência e gravidade das inundações.

Desta forma, é importante que seja aplicada ou normatizada uma taxa mínima (um percentual mínimo de área para cada lote) de solo permeável, bem como sejam dadas orientações técnicas aos proprietários/empreendedores quanto à aplicação de recursos/investimentos para reduzir os efeitos da área impermeável. Nesse contexto, a proposição desta pesquisa parte da premissa de que deva ser deixada uma área mínima de infiltração de solo em cada lote e/ou parcela territorial objetivando permitir a infiltração adequada de água no solo.

Para tanto, realizou-se o método Delphi e questionou-se aos especialistas qual seria a área mínima permeável de solo a ser exigida pela prefeitura em loteamentos que buscam a sustentabilidade. O resultado da aplicação do método pode ser observado na tabela 4.9.

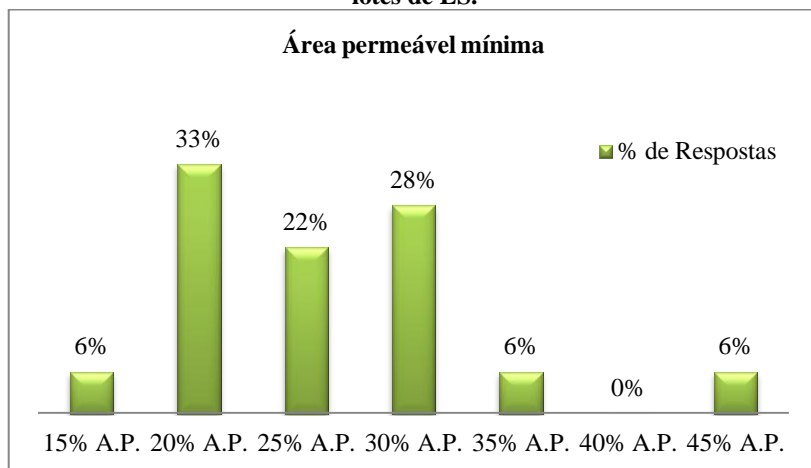
**Tabela 4.9 – Percentual de área mínima permeável por lote em LS, segundo os especialistas consultados.**

<b>Espec.</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>	<b>E9</b>
<b>%</b>	30	25	20	20	30	35	20	45	20
<b>Espec.</b>	<b>E10</b>	<b>E12</b>	<b>E13</b>	<b>E14</b>	<b>E15</b>	<b>E16</b>	<b>E17</b>	<b>E20</b>	<b>E21</b>
<b>%</b>	25	30	25	20	15	20	30	30	25

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Para facilitar a visualização do resultado, verificou-se o número de respostas iguais e construiu-se o histograma apresentado no gráfico 4.12.

**Gráfico 4.12 – Histograma do percentual de área mínima permeável em lotes de LS.**



Legenda: A.P. – Área permeável mínima.

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Conforme se pode observar no gráfico 4.12, 33% dos especialistas concordaram que devem ser exigidos 20% de área permeável da área total de cada lote. 22% dos participantes aceitam no mínimo 25% e 28% afirmam que são necessários 30%. Assim, tem-se que 83% dos especialistas concordam que, em LS, deve-se exigir que o proprietário do lote deixe entre 20% e 30% da área total do lote como área permeável.

Levando-se em consideração o que foi citado e que as variáveis são contínuas, será adotado o valor da média, e não o da moda. A média das respostas foi de 25,8% e a moda, de 20%. Porém, será adotado o valor inteiro de 25%, em vez de se arredondar para 26%, a fim de aproximá-lo mais da sugestão de 61% dos especialistas, que indicaram um percentual mínimo de área verde entre 15% e 25%.

O aproveitamento do terreno para construção é outro ponto importante a ser considerado e que está diretamente vinculado à área mínima de infiltração de solo. Quanto maior a área permeável de solo, menor será a área de construção aproveitável, ou seja, menor será a Taxa



de Ocupação Máxima Permitida (TOMP)<sup>1</sup>. É notório que um terreno com maior aproveitamento reduz os custos com a construção, já que se podem construir mais unidades no mesmo terreno. Por isto, pode-se ter uma redução no valor final dos imóveis, o que atende tanto à sustentabilidade econômica, que se caracteriza por um retorno maior por unidade construída, quanto à sustentabilidade social, que diz respeito à possibilidade de se adquirir imóveis com valores finais menores.

Para verificar o aproveitamento ideal do terreno, pesquisou-se a TOMP em diversas cidades brasileiras e no exterior. As taxas foram escolhidas de forma aleatória para que a amostra não fosse tendenciosa. No cálculo da TOMP, não se leva em consideração a área impermeável de calçadas no entorno dos imóveis, de acessos a pedestres ou veículos e de piscinas e similares.

Durante a pesquisa, observou-se que cada cidade possui valores diferentes de taxas de ocupação para áreas comerciais, residenciais uni ou multifamiliares, entre outros tipos de construção. Assim, na condição de análise, a pesquisa levou em consideração a maior TOMP encontrada para as áreas residenciais uni ou multifamiliares. O resultado do levantamento é apresentado na tabela 4.10.

---

<sup>1</sup> Entende-se taxa de ocupação como sendo a relação da projeção da área construída pela área total do terreno.

**Tabela 4.10 – Taxas de ocupação máxima de solo em localidades diversas.**

<b>Localidade</b>	<b>Referência</b>	<b>Taxa de ocupação máxima</b>
Município de Córdoba/Argentina	Portaria nº 10.610/2003	70%
Município de Anápolis (GO)/Brasil	Lei nº 128/2006	70%
Município de Antônio Carlos (SC)/Brasil	Lei nº 1.294/2010	60%
Município de Biguaçu (SC)/Brasil	Lei nº 12/2009, Anexo V	60%
Município de Curitiba(PR)/Brasil	Lei nº 9.800/2000, Anexos	50%
Município de Dourados (MS)/Brasil	Lei nº 205/2012, Tabela 2	60%
Município de Florianópolis (SC)/Brasil	Lei nº 01/1997	80%
Município de Palhoça (SC)/Brasil	Lei nº 1.896/2004	60%
Município de São José (SC)/ Brasil	Lei nº 3.750/2001	70%
Município de São Paulo (SP)/Brasil	Lei nº 13.885/2004	70%
Município de Vancouver/Canadá	Plano de Zoneamento e Desenvolvimento Municipal	45%
Município de Cascais/Portugal	Plano Diretor de Cascais	35%
Município de Sintra/Portugal	Plano Diretor de Sintra	50%

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Por meio da tabela 4.10, pode-se observar que as taxas de ocupações dos terrenos iniciam em 35% e atingem o máximo de 80%. Nas situações em que são permitidas ocupações de até 80%, fica inviável a exigência de 25% de área permeável, haja vista que o saldo de área é inferior ao valor mínimo que se quer exigir. Por outro lado, as cidades que permitem a taxa de ocupação máxima do solo de até 50% não teriam problemas quanto à exigência de 25% de área permeável, pois sobraria área suficiente para atendê-la.

Quanto às cidades que permitem entre 50% e 70% de taxa de ocupação, foram realizadas simulações para verificar qual o impacto da exigência de 25% de área permeável das respectivas parcelas. Primeiramente, foram analisadas as limitações geralmente impostas pelas leis municipais, bem como as dimensões mínimas dos terrenos. As

limitações consideradas foram o recuo da construção em relação ao limite frontal do terreno e o afastamento lateral. As cidades pesquisadas e os respectivos resultados estão listados na tabela 4.11.

**Tabela 4.11 – Limitações e dimensões mínimas dos terrenos em localidades diversas.**

<b>Localidade</b>	<b>Referência</b>	<b>Tipos de lote</b>	<b>AM (m<sup>2</sup>)</b>	<b>TM (m)</b>	<b>RF (m)</b>	<b>RLF (m)</b>
Município de Anápolis (GO)/Brasil	Lei nº 131/2006; Lei nº 128/2006	Popular	200	10	3	0
		Normal	300	12	3	0
Município de Antônio Carlos (SC)/Brasil	Lei nº 1.294/2010	Popular	360	12	4	1,5
		Normal	540	15	4	1,5/ 2,5
Município de Biguaçu (SC)/Brasil	Lei nº 12/2009, Anexo V	Popular	250	10	3	0
		Normal	450	15	4	1,5
Município de Curitiba (PR)/Brasil	Lei nº 9.800/2000, Anexos	Popular	330	11	3	0
		Normal	450	15	5	1,5
Município de Dourados (MS)/Brasil	Lei nº 205/2012, Art. 119	Popular	200	10	4	0
		Normal	300	12	4	0
Município de Florianópolis (SC)/Brasil	Lei nº 2193/85	Popular	360	12	4	0
		Normal	450	15	4	1,5
Município de Palhoça (SC)/Brasil	Lei nº 1.896/2004	Popular	250	10	4	0
		Normal	360	12	4	1,5

*Continua*

*Continuação*

**Tabela 4.11 – Limitações e dimensões mínimas dos terrenos em localidades diversas.**

<b>Localidade</b>	<b>Referência</b>	<b>Tipos de lote</b>	<b>AM (m²)</b>	<b>TM (m)</b>	<b>RF (m)</b>	<b>RLF (m)</b>
Município de Ribeirão Preto (SP)/Brasil	Lei nº 367/2006, Art. 44	Popular	125	5	5	0
		Normal	250	10	5	0
Município de São José (SC)/Brasil	Lei nº 4.978/2010	Popular	200	10	4	0
		Normal	360	12	4	1,5
Município de São José dos Campos (SP)/Brasil	Lei nº 267/2003, Art. 20	Popular	250	10	5	1,5
		Normal	500	15	7	3
Município de São Paulo (SP)/Brasil	Lei nº 13.430/2002, § 1º do Art. 166	Popular	125	5	5	0
		Normal	250	10	5	0
Município de Cascais/Portugal	Plano Diretor Municipal/1997	Popular	250			
		Normal	500			
Município de Kitchener/Canadá	Plano de Zoneamento Municipal	Popular	148	5,5	1,5	
		Normal		15	1,5	1,2
Município de Vancouver/Canadá	Plano de Zoneamento e Desenvolvimento Municipal	Popular	278	7,3	9	
		Normal	334	9,8	9	
Município de Aurora/EUA	Normas Gerais de Desenvolvimento	Popular	343,74	15,24	4,57	1,83
		Normal	557,42	15,24	4,57	1,83

**Legenda:**

AM: área mínima; TM: testada mínima; RF: recuo frontal e RLF: recuo lateral/fundo

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Na tabela 4.11, a coluna “Tipos de lote” classifica os lotes em duas categorias: popular e normal. Os lotes populares são aqueles que possuem as dimensões menores do que o habitualmente adotado no mesmo município e não possuem tantas restrições quanto aos recuos

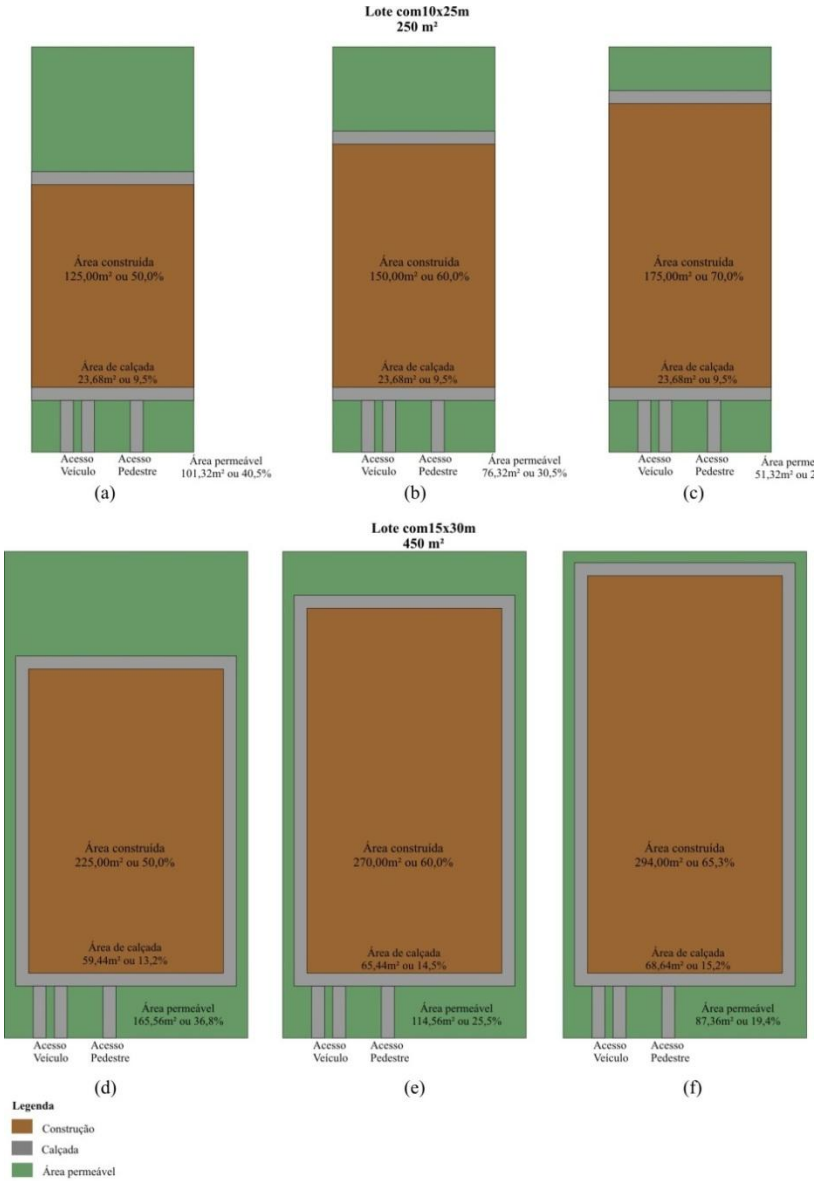
laterais e de fundo para as construções. Este tipo de lote é voltado ao atendimento das demandas sociais da população com baixo poder aquisitivo. Os lotes identificados como normais são os demais lotes, e foram listadas somente as menores dimensões destes.

Ainda na tabela 4.11, pode-se observar que os lotes classificados como populares possuem áreas entre 125 e 360 m<sup>2</sup>, e foi verificada uma frequência maior nos lotes com 250 m<sup>2</sup> de área e testada de 10 m. Já os lotes normais têm áreas de 250 a 557,4 m<sup>2</sup>, e há predominância de lotes com 450 m<sup>2</sup> de área e 15 m de testada.

Para os dois tipos de lote, observou-se maior frequência do recuo frontal de 4 m. Quanto aos recuos lateral e de fundo, pode-se perceber que as administrações municipais não são rigorosas quanto aos lotes populares, permitindo na maioria dos casos não deixar recuo lateral. Para os lotes normais, há a exigência de um recuo mínimo de 1,5 m.

As dimensões dos lotes com maior ocorrência/padronização foram usadas em três simulações com taxas de ocupação de 50%, 60% e 70% para cada um dos dois tipos de lotes. Além disso, adotou-se também a construção de calçadas no entorno da construção, bem como de acesso a veículos e pedestres com largura-padrão de 80 cm. Para o cenário da simulação, não foi considerada a construção de outras áreas impermeáveis, como piscinas e áreas de lazer descobertas diversas. Na figura 4.2, são observados graficamente os resultados das simulações.

Figura 4.2 – Simulações de diversas áreas máximas permitidas.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Analisando-se a figura 4.2, pode-se verificar que, nas situações com taxas de ocupação de até 60% (cenários (a), (b), (d) e (e)), foi possível atingir os 25% de área permeável. A taxa de área permeável mínima foi de 25,5% e ocorreu com um lote de 15 x 30 m com uma taxa de ocupação de 60% (cenário (e)). A área permeável máxima foi de 40,5% e foi atingida com um lote de 10 x 25 m e uma taxa de ocupação de 50% (cenário (a)).

No cenário (f) da figura 4.2, a área construída a que se chegou foi de 294,00 m<sup>2</sup>, a qual corresponde a 65,3% de taxa de ocupação. Esta taxa não alcançou os 70% de ocupação porque se levou em consideração a exigência de recuo no fundo do lote de no mínimo 1,5 m.

Logo, conclui-se que, com taxas de ocupação de até 60%, é possível deixar uma área permeável de 25% da área total do lote. A tabela 4.12 apresenta o resultado das simulações feitas.

**Tabela 4.12 – Resultados das simulações da taxa de ocupação e das taxas de área permeável.**

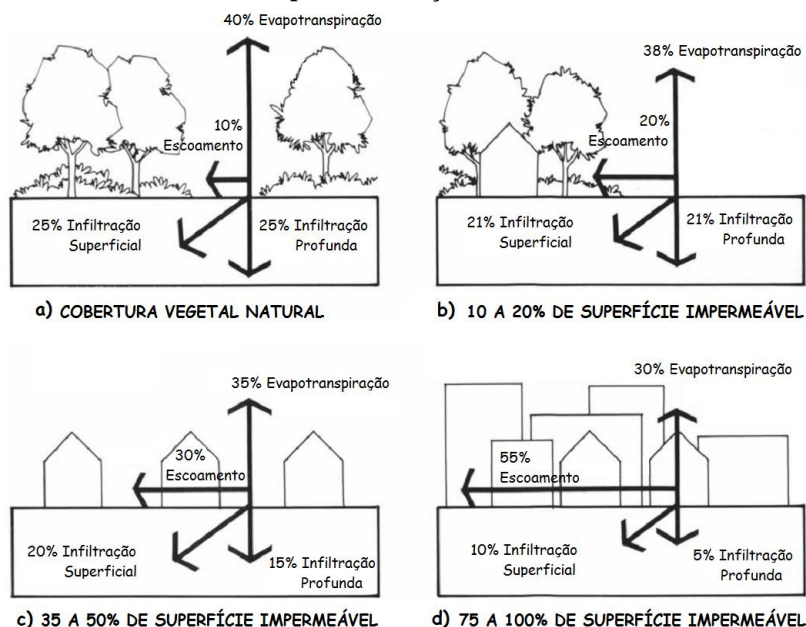
Itens	Área do lote [m <sup>2</sup> ]					
	250			450		
Taxa de ocupação máxima [%]	50	60	70	50	60	70
Área construída permitida [m <sup>2</sup> ]	125	150	175	225	270	315
Área impermeável [m <sup>2</sup> ]	148,68	173,68	198,68	284,44	335,44	383,64
Área permeável [m <sup>2</sup> ]	101,32	76,32	51,32	165,56	114,56	66,36
Taxa de área permeável [%]	40,5%	30,5%	20,5%	36,8%	25,5%	14,7%
Enquadra-se no conceito de sustentável?	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Assim, a adoção de uma área permeável mínima de 25% para loteamentos sustentáveis demonstra ser viável, já que não restringe significativamente a taxa de ocupação dos lotes. Caso o planejamento municipal tenha como objetivo implantar loteamentos sustentáveis, somente torna-se necessário adequar-se os locais nos quais são permitidos uma taxa de ocupação acima dos 60%.

Além disto, conforme resultados da pesquisa de Livingston e McCarron (1992) ilustrados na figura 4.3, com a adoção de no mínimo 25% de área permeável evita-se a situação indicada na figura 4.3 (d) e chega-se à situação da figura 4.3 (c), o que tem como consequência a redução de 25% do escoamento superficial, o aumento de 5% da evapotranspiração, um ganho de 10% de infiltração superficial e um incremento de 10% de infiltração profunda.

**Figura 4.3 – Aumento do escoamento superficial devido a impermeabilização do solo.**



Fonte: adaptado de Livingston e McCarron (1992).

No contexto da pesquisa de Livingston e McCarron (1992), corroborado pelos resultados obtidos dos cenários das simulações, é fundamental que o mínimo de 25% de área permeável seja exigido, por parte da prefeitura municipal, para a implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico local.



#### 4.5 ATRIBUTOS PARA INSERÇÃO DOS ELEMENTOS DE CONTROLES DE LS

Um dos objetivos da pesquisa é definir quais são os atributos para o registro dos elementos de controle de LS. Para tanto, conforme já foi descrito, realizou-se o método Delphi com especialistas e, na primeira rodada do método, foram dadas algumas sugestões prévias de atributos para o registro dos respectivos elementos de controle para análise dos especialistas.

Na análise do resultado da primeira rodada, viu-se que os especialistas sugeriram novos itens para o registro, tais como: uso e cobertura do solo no entorno, dispositivo de descarga, manutenção preventiva, entre outros. Esses itens foram adicionados a cada questão e enviados aos especialistas para nova análise. O resultado poderá ser observado nos itens seguintes.

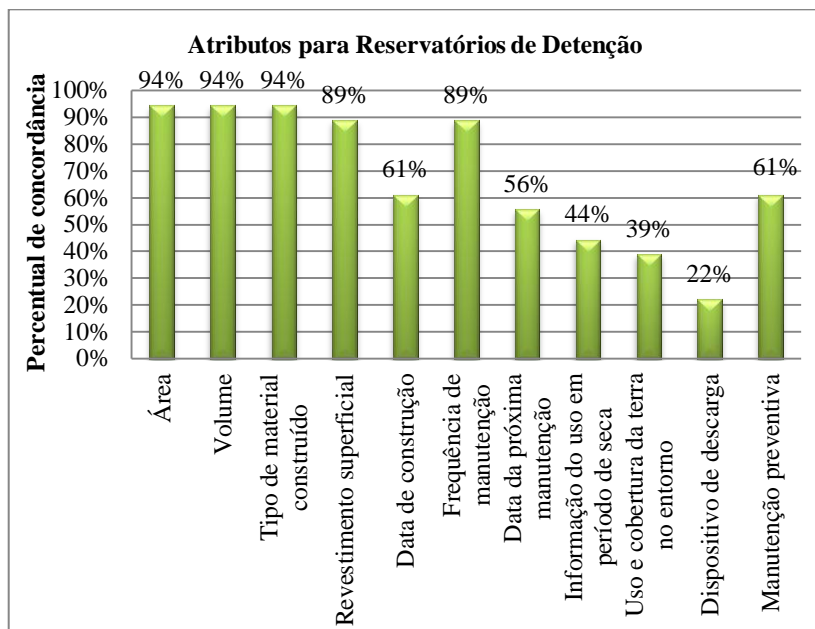
A sequência de apresentação adotada a seguir foi a mesma usada no formulário Delphi.

##### 4.5.1 Reservatório de Detenção

Define-se reservatório de detenção como sendo um mecanismo que retém a água temporariamente e que, com o passar do tempo, libera a água para a rede pluvial (CRUZ et al., 1998). Neste caso, o reservatório possui uma saída de água na base que libera a água com uma vazão de saída menor que a de entrada. Tais reservatórios podem ser produzidos *in loco*, de alvenaria ou concreto, ou serem pré-fabricados, conectados ao sistema de drenagem.

Para verificar quais atributos devem ser considerados na formação do registro do reservatório de detenção, realizou-se o método Delphi questionando-se aos especialistas quais atributos devem ser adotados além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográficas.

O resultado da aplicação do método Delphi é apresentado no gráfico 4.13.

**Gráfico 4.13 – Atributos para o registro do reservatório de detenção.**

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Conforme relatado no método, considerou-se que os participantes concordam com o uso do atributo se ocorrer no mínimo 50% de aceitação pelos especialistas. Desta forma, analisando-se os resultados do gráfico 4.13, tem-se que três atributos foram considerados dispensáveis: informação do uso em período de seca, uso e cobertura da terra no entorno e dispositivo de descarga.

Assim, os atributos selecionados para o registro do reservatório de detenção, além de código/identificador único, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográficas, são:

- Área: especificar a área;
- Volume: indicar o volume;
- Tipo de material construído: informar o material usado na fabricação do reservatório de detenção, por exemplo, PVC, concreto, etc.;
- Revestimento superficial: especificar o revestimento superficial, por exemplo, concreto, cerâmica, PVC, etc.;
- Data de construção: registrar a data em que o reservatório de detenção foi construído;

- f) Frequência de manutenção: indicar a frequência com que deverá ser realizada a manutenção preventiva;
- g) Data da próxima manutenção: informar a data da próxima manutenção preventiva;
- h) Manutenção preventiva: informar quais ações deverão ser executadas na manutenção preventiva, como limpeza interna, limpeza do extravasor, etc.

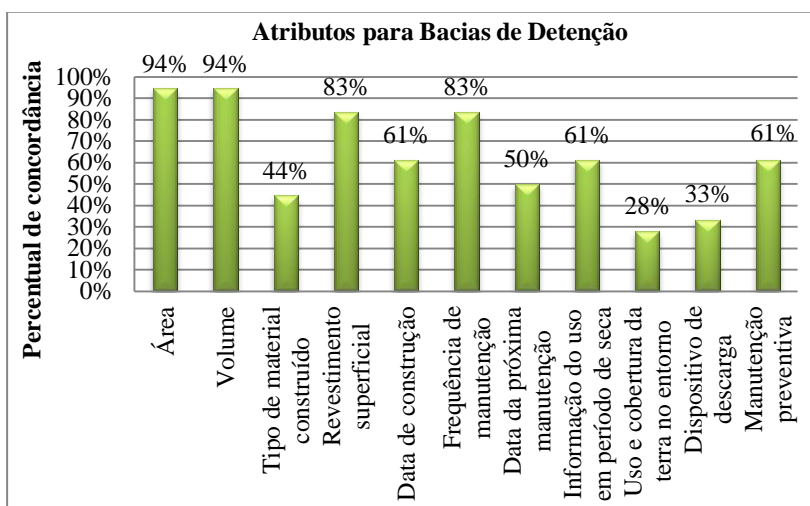
#### 4.5.2 Bacia de Detenção

Define-se a bacia de retenção como um reservatório com grandes dimensões escavado no solo de modo a reter a água temporariamente, liberando-a com o passar do tempo para a rede pluvial (BAPTISTA, 2011).

Para verificar quais atributos devem ser considerados na formação do registro da bacia de retenção, aplicou-se o método Delphi questionando-se aos especialistas quais atributos devem ser adotados além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográficas.

O resultado da aplicação do método Delphi é apresentado no gráfico 4.14.

**Gráfico 4.14 – Atributos para o registro da bacia de retenção.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Analisando-se os resultados do gráfico 4.14, tem-se que três atributos não foram considerados necessários para o registro da bacia de detenção: tipo de material construído, uso e cobertura do solo no entorno e dispositivo de descarga.

Desta forma, os atributos para o registro da bacia de detenção, além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográficas, são:

- a) Área: especificar a área;
- b) Volume: indicar o volume;
- c) Revestimento superficial: especificar o revestimento superficial, por exemplo, pedras, vegetação rasteira, concreto, etc.;
- d) Data de construção: informar a data em que a bacia de detenção foi construída;
- e) Data da próxima manutenção: registrar a data da próxima manutenção preventiva;
- f) Informação do uso em período de seca: anotar o uso que poderá ser recomendado para a bacia de detenção quando esta estiver seca, por exemplo, área para parque, recreação, quadra poliesportiva, etc.;
- g) Manutenção preventiva: informar o que deverá ser realizado na manutenção preventiva, como limpeza, corte da vegetação, desassoreamento do extravasor, etc.

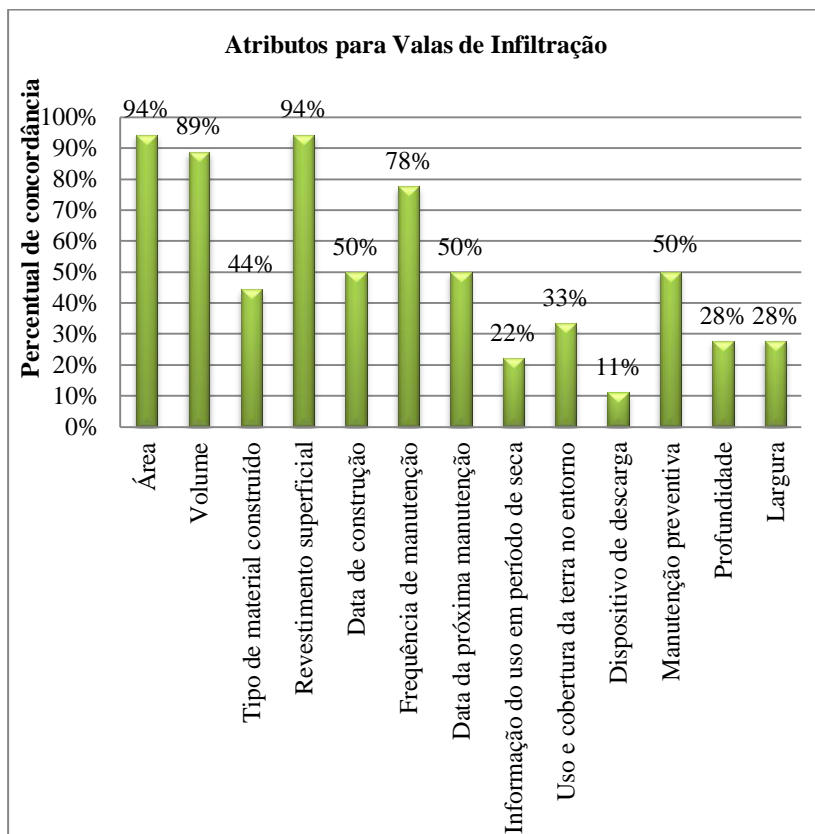
#### **4.5.3 Vala de Infiltração**

Define-se vala de infiltração como uma escavação feita no solo com profundidade entre 1,0 e 3,5 m, revestida com manta geotêxtil e cobertura de camada de brita ou outro material drenante. A vala possui um volume disponível para fazer a retenção temporária da água, a qual vai infiltrando no solo por meio do fundo e das paredes laterais (RIGHETTO, 2009).

Para verificar quais atributos devem ser considerados na formação do registro da vala de infiltração, aplicou-se o método Delphi questionando-se aos especialistas quais atributos devem ser adotados além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográficas.

O resultado da aplicação do método Delphi é apresentado no gráfico 4.15.

Gráfico 4.15 – Atributos para o registro da vala de infiltração.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O gráfico 4.15 apresenta um número maior de atributos se comparado com o registro do reservatório e da bacia de detenção. Segundo a percepção dos especialistas, nas duas situações anteriores, somente três itens não tinham sido considerados como atributos, porém, no registro das valas de infiltração, seis atributos foram desconsiderados. Verifica-se ainda que, para o registro da vala de infiltração, tiveram-se duas opções a mais na lista, que são: profundidade e largura. Entretanto, estas duas opções tiveram somente 28% de aceite pelos especialistas.

Assim, os atributos para o registro da vala de infiltração, além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográficas, são:

- a) Área: especificar a área;
- b) Volume: indicar o volume;
- c) Revestimento superficial: especificar o acabamento superficial, por exemplo, seixo rolado, vegetação rasteira, etc.;
- d) Data de construção: informar a data em que a vala de infiltração foi construída;
- e) Frequência de manutenção: indicar a frequência com que deverá ser realizada a manutenção preventiva;
- f) Data da próxima manutenção: informar a data da próxima manutenção preventiva;
- g) Manutenção preventiva: anotar o que deverá ser realizado na manutenção preventiva, como limpeza, corte de vegetação, etc.

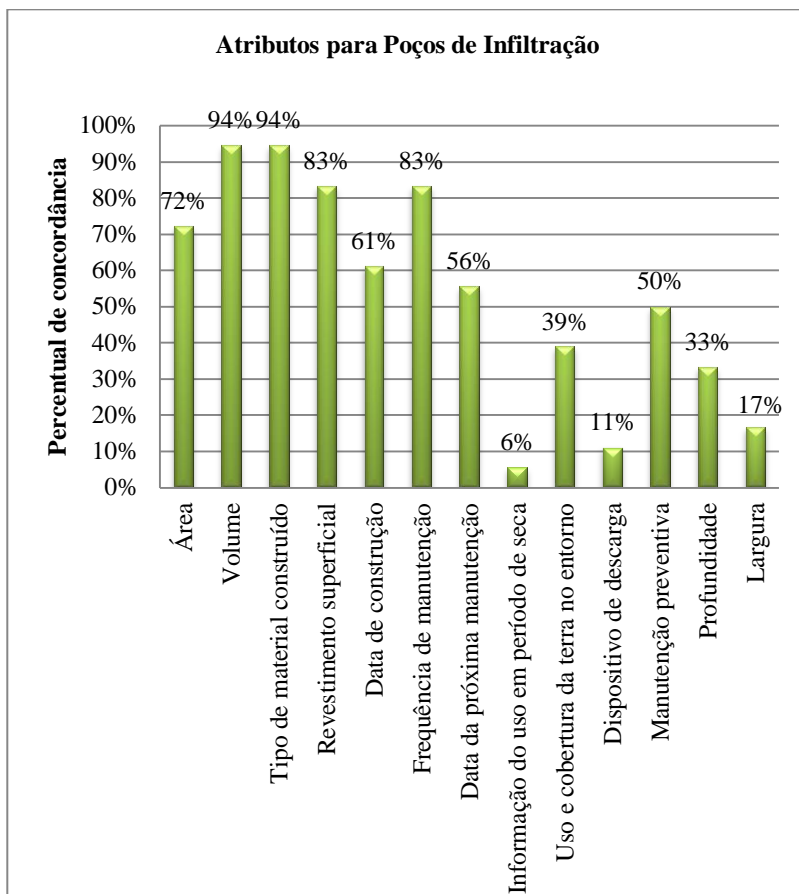
#### **4.5.4 Poço de Infiltração**

Poço de infiltração é definido como um dispositivo com pequena ocupação de área superficial e grande profundidade, preenchido com material permeável ou poroso de forma a facilitar a infiltração da água no solo (OLIVEIRA, 2007).

Para verificar quais atributos devem ser considerados na formação do registro do poço de infiltração, aplicou-se o método Delphi questionando aos especialistas quais atributos devem ser adotados além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográficas.

O resultado da aplicação do método Delphi é apresentado no gráfico 4.16.

Gráfico 4.16 – Atributos para o registro do poço de infiltração.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Desta forma, os atributos para o registro do poço de infiltração, além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográficas, são:

- a) Área: especificar a área;
- b) Volume: indicar o volume;
- c) Tipo de material construído: informar o material com que foi preenchido o interior do poço de infiltração, por exemplo, pedras, britas, etc.;

- d) Revestimento superficial: especificar o acabamento superficial, por exemplo, seixo rolado, britas, vegetação rasteira, etc.;
- e) Data de construção: informar a data em que o poço de infiltração foi construído;
- f) Frequência de manutenção: indicar a frequência com que deverá ser realizada a manutenção preventiva;
- g) Data da próxima manutenção: informar a data da próxima manutenção preventiva;
- h) Manutenção preventiva: anotar o que deverá ser realizado na manutenção preventiva, como limpeza, corte de vegetação, etc.

#### **4.5.5 Calçadas Verdes**

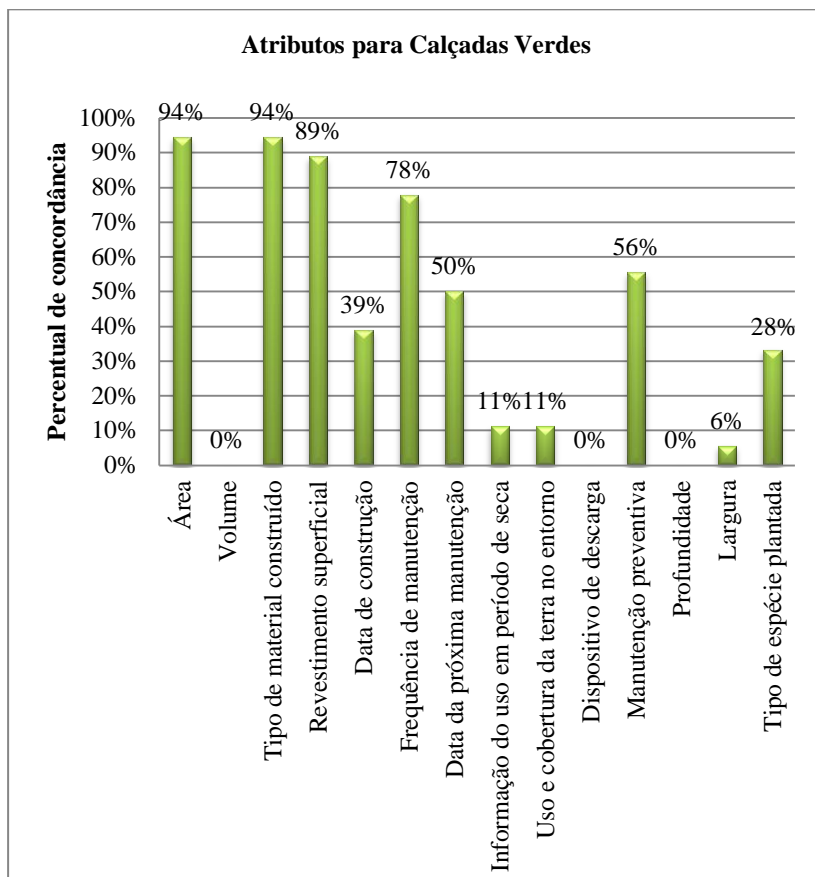
As calçadas verdes normalmente são formadas por uma faixa de piso permeável antiderrapante com largura mínima de 1,20 m e outra com o plantio de grama, vegetação rasteira, entre outras vegetações, com largura mínima de 0,75 m. De acordo com a largura do passeio, a calçada verde poderá ter mais de uma faixa com plantio e cultivo de espécies rasteiras, como flores ou grama, ou plantas de pequeno e/ou médio porte, como árvores de até 6,00 m de altura (CREA-BA, 2009).

Para verificar quais atributos devem ser considerados na formação do registro das calçadas verdes, aplicou-se o método Delphi questionando aos especialistas quais atributos devem ser adotados além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográficas.

O resultado da aplicação do método Delphi é apresentado no gráfico 4.17.



Gráfico 4.17 – Atributos para o registro da calçada verde.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Analisando-se os resultados do gráfico 4.17, tem-se que oito atributos não foram considerados necessários para o registro da calçada verde: volume, data de construção, informação do uso em período de seca, uso e cobertura da terra no entorno, dispositivo de descarga, profundidade, largura e tipo de espécie de planta. De acordo com as observações apresentadas pelos especialistas, o último item não foi aceito porque esta informação poderá ser adicionada aos itens tipo de material construído ou revestimento superficial.

Assim, os atributos para o registro da calçada verde, além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográficas, são:

- a) Área: especificar a área;
- b) Tipo de material construído: informar a vegetação plantada na área verde da calçada, por exemplo, grama, vegetação rasteira, herbácea arbustiva, entre outras, que devem ser especificadas pela Secretaria de Meio Ambiente de cada município;
- c) Revestimento superficial: informar o revestimento usado para a execução da faixa de piso permeável, por exemplo, *paver* de concreto drenante, asfalto drenante, placas de concreto drenante, concreto drenante, etc.;
- d) Frequência de manutenção: indicar a frequência com que deverá ser realizada a manutenção preventiva;
- e) Data da próxima manutenção: informar a data da próxima manutenção preventiva;
- f) Manutenção preventiva: anotar o que deverá ser realizado na manutenção preventiva, como limpeza, corte de vegetação, etc.

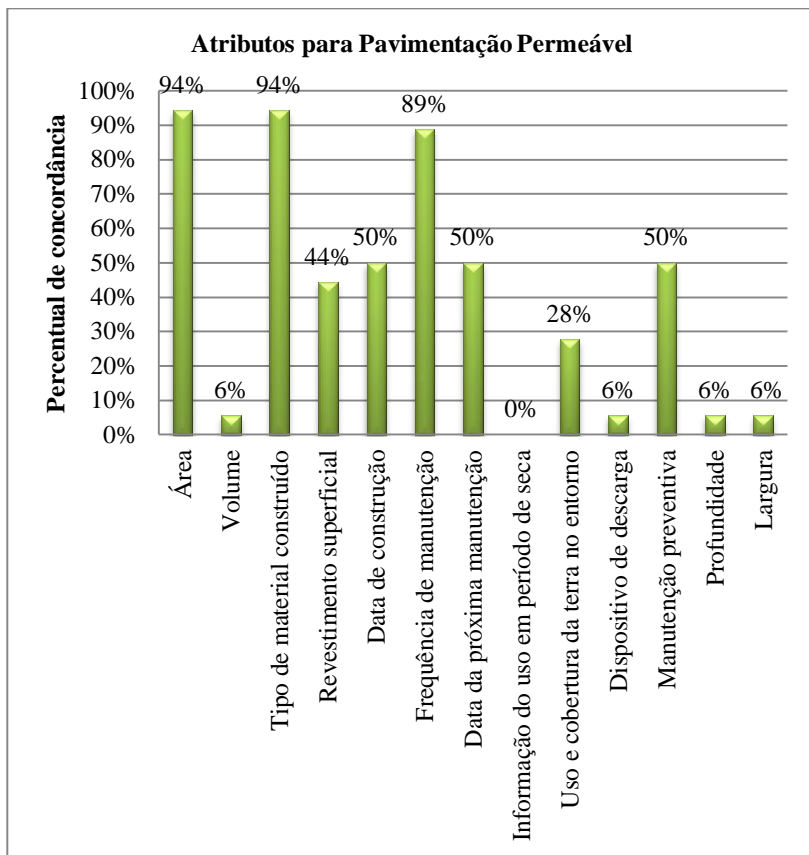
#### **4.5.6 Pavimentação Permeável**

Define-se pavimentação permeável como um tipo de pavimento que permite a passagem de água pelo próprio material, ocorrendo naturalmente a infiltração da água no solo. Ela é formada por uma camada superficial porosa ou perfurada, a qual tem abaixo outra camada composta de pedras com granulometria diferenciada, facilitando a infiltração da água no solo (COSTA JUNIOR; BARBASSA, 2006).

Para verificar quais atributos devem ser considerados na formação do registro da pavimentação permeável, aplicou-se o método Delphi questionando aos especialistas quais atributos devem ser adotados além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográfica.

O resultado da aplicação do método Delphi é apresentado no gráfico 4.18.

Gráfico 4.18 – Atributos para o registro da pavimentação permeável.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Analisando-se os resultados do gráfico 4.18, tem-se que sete atributos não foram considerados necessários para o registro da calçada verde: volume, revestimento superficial, informação do uso em período de seca, uso e cobertura do solo no entorno, dispositivo de descarga, profundidade e largura.

Logo, os atributos para o registro da pavimentação permeável, além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas, são:

- a) Área: especificar a área;
- b) Tipo de material construído: informar o material usado para a construção da pavimentação, como *paver* de concreto drenante, asfalto drenante, concreto drenante, etc.;
- c) Data de construção: registrar a data em que a pavimentação drenante foi construída;
- d) Frequência de manutenção: indicar a frequência com que deverá ser realizada a manutenção preventiva;
- e) Data da próxima manutenção: informar a data da próxima manutenção preventiva;
- f) Manutenção preventiva: anotar o que deverá ser realizado na manutenção preventiva, como limpeza do pavimento, limpeza da sarjeta, etc.

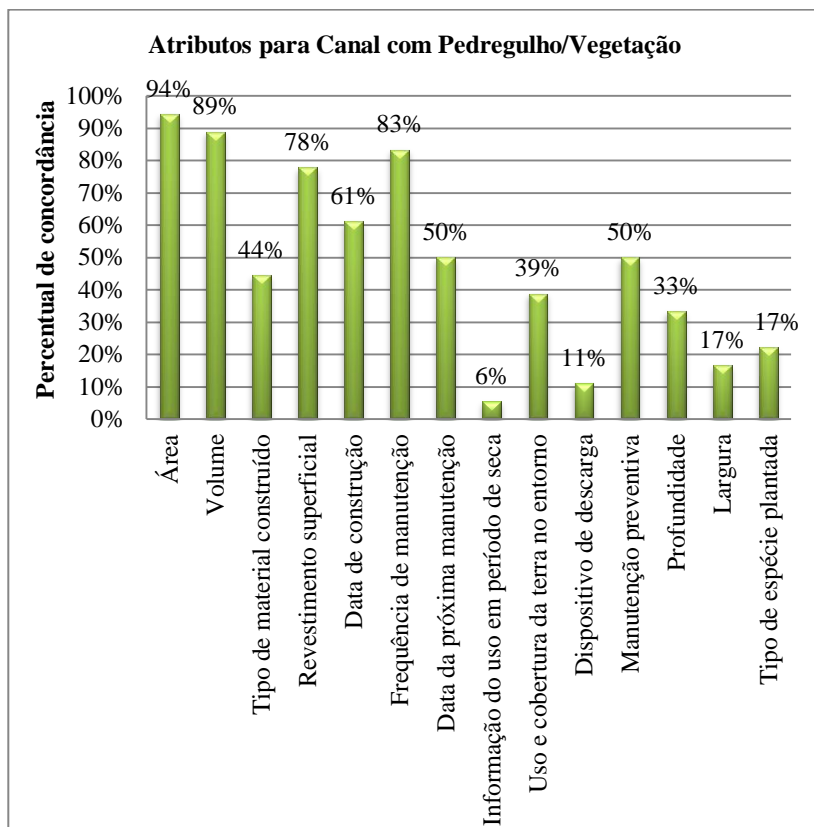
#### **4.5.7 Canal com Pedregulho/Vegetação**

O canal é caracterizado como uma vala revestida com material drenante, como pedregulho ou vegetação, e que se destina à condução da água a jusante, bem como à infiltração de água para o solo através do fundo e das paredes laterais (ALAMBERT JUNIOR, 1997). O canal é usado em detrimento do uso de tubulações no sistema pluvial.

Para verificar quais atributos devem ser considerados na formação do registro do canal com pedregulho/vegetação, aplicou-se o método Delphi questionando-se aos especialistas quais atributos devem ser adotados além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográficas.

O resultado da aplicação do método Delphi é apresentado no gráfico 4.19.

**Gráfico 4.19 – Atributos para o registro do canal com pedregulho/vegetação.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Por meio do gráfico 4.19, percebe-se que sete atributos não foram considerados necessários para o registro do canal com pedregulho/vegetação: tipo de material construído, informação do uso em período de seca, uso e cobertura do solo no entorno, dispositivo de descarga, profundidade, largura e tipo de espécie plantada. De acordo com as observações apresentadas pelos especialistas, o último item não foi aceito porque esta informação poderá ser adicionada no item revestimento superficial.

Portanto, os atributos para o registro do canal com pedregulho/vegetação, além de código/identificador unívoco, nome do proprietário, endereço e coordenadas geográficas, são:

- a) Área: especificar a área;
- b) Volume: indicar o volume;
- c) Revestimento superficial: especificar o acabamento superficial, por exemplo, seixo rolado, vegetação rasteira, etc.;
- d) Data de construção: informar a data que o canal com pedregulho/vegetação foi construído;
- e) Frequência de manutenção: indicar a frequência com que deverá ser realizada a manutenção preventiva;
- f) Data da próxima manutenção: informar a data da próxima manutenção preventiva;
- g) Manutenção preventiva: anotar o que deverá ser realizado na manutenção preventiva, como limpeza, corte de vegetação, etc.

#### 4.6 SISTEMATIZAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS APÓS A APLICAÇÃO DO MÉTODO DELPHI

Os resultados apresentados na tabela 4.13 definem a ordem de prioridade para a implantação dos elementos de controle de LS de acordo com o tipo de solo.

**Tabela 4.13 – Ordem de prioridade dos elementos de controle segundo o tipo de solo.**

Elementos de controles		Ordem de prioridade			
		Solo pedregulhoso (G)	Solo arenoso (S)	Solo argiloso (C) e/ou siltoso (M)	Solo orgânico (turfa) (P)
A	Reservatório de detenção	7º	7º	1º	Considerar área <i>non aedificandi</i>
B	Bacia de detenção	6º	6º	2º	
C	Valas de infiltração	3º	3º	5º	
D	Poços de infiltração	4º	4º	7º	
E	Calçadas verdes	2º	1º	3º	
F	Pavimentação permeável	1º	2º	4º	
G	Canal aberto com pedregulho	5º	5º	6º	
H	Outros	8º	8º	8º	

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O segundo grupo de resultados obtidos com a aplicação do método Delphi, apresentado na tabela 4.14, indica os atributos que devem se considerados para o registro dos elementos de controle de LS.

**Tabela 4.14 – Atributos para o registro dos elementos de controle de LS.**

Atributos	Elementos de controle						
	Reservatório de detenção	Bacia de detenção	Calçada verde	Valas de infiltração	Pavimentação permeável	Poços de infiltração	Canal com pedregulho/vegetação
Área							1
Volume							1
Tipo de material construído							
Revestimento superficial							1
Data de construção							1
Frequência de manutenção							1
Data da próxima manutenção							1
Informação do uso em período de seca							
Uso e cobertura do solo no entorno							
Dispositivo de descarga							
Manutenção preventiva							1
Profundidade							
Largura							
Tipo de espécie plantada							

Observação: O número “1” apresentado em cada atributo indica que o atributo será considerado no respectivo registro.

Fonte: Desenvolvido pelo autor.



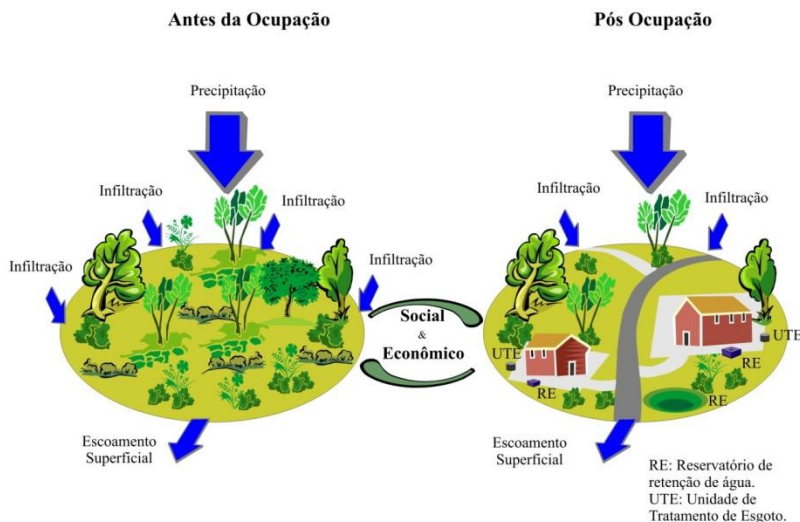
Quanto às taxas de áreas mínimas sugeridas de solo permeável em cada lote e de área verde no loteamento sustentável, tem-se como valor referência o mínimo de 25% do total da área da parcela considerada.

#### 4.7 LOTEAMENTOS SUSTENTÁVEIS

De acordo com as análises realizadas na revisão bibliográfica, conclui-se que um loteamento se caracteriza como sustentável quando atende às necessidades do desenvolvimento sustentável. Ou seja, é necessário atender aos três setores principais que norteiam o desenvolvimento sustentável, de modo que seja possível um crescimento econômico, porém sem afetar o meio ambiente e de forma que garanta ganhos sociais para a comunidade.

Assim, nesta pesquisa define-se que loteamento sustentável é aquele projetado não somente para visar lucro ao empreendedor, mas também para atender ao interesse social, oferecendo uma área segura para construção de edificações, preservando o meio ambiente e tratando os resíduos gerados, bem como não interferindo no fluxo natural da água. Pode-se também definir loteamento sustentável como *“todo loteamento que, após definido o seu perímetro e analisada a dinâmica interna, pré e pós-ação antrópica, o gradiente de energia continua inalterado”*. Considerando-se a água como uma fonte de energia, esta definição também pode ser expressa da seguinte forma: analisando-se a base ambiental, mais especificamente o ciclo hidrológico, o LS é aquele que, após a implantação, mantém a vazão de água pluvial inalterada quando comparada com a pré-ocupação.

O aumento do escoamento superficial, provocado pela impermeabilização de áreas com a ocupação, é solucionado com a retenção da água no perímetro do loteamento, solução que conta com o auxílio de retentores, valas de infiltração, entre outros recursos. A figura 4.4 ilustra esta definição.

**Figura 4.4 – Loteamento sustentável antes e pós-ocupação.**

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Conforme se pode observar na figura 4.4, a quantificação do escoamento superficial antes e depois da ocupação permanece inalterada. Esse comportamento pode ser observado pela manutenção da mesma dimensão das setas que representam o equilíbrio. Os meios sugeridos para manter o equilíbrio entre precipitação e escoamento superficial pós-ocupação são: construção de reservatórios que retenham parte da água da soma de uma ou mais parcelas contribuintes; uso de valas ou poços de infiltração ou qualquer dispositivo que diminua o escoamento superficial. Além disto, o loteamento sustentável também deve contar com dispositivo próprio para compensar as áreas impermeabilizadas com a construção de ruas e calçadas. Estas sugestões têm como base as recomendações apresentadas por: Comissão Europeia (1996), US-EPA (1999), Fontes e Barbassa (2003), Tucci (2005), Urban Drainage and Flood Control District (2010), entre outros. Tais soluções vêm sendo adotadas em diversas cidades, como Porto Alegre (Rio Grande do Sul, Brasil) e Denver (Colorado, Estados Unidos).

Juntamente com a adoção desses meios de manutenção (elementos de controle) do ciclo hidrológico local, é necessário que se tenha um controle dos mesmos. Para tanto, esta pesquisa sugere que sejam aplicados os princípios definidores do Cadastro Territorial

Multifinalitário (CTM), de modo que se possa quantificar e gerenciar eficientemente o território (parcelas) do loteamento sustentável por meio do controle e da gestão dos elementos de referência apresentados no item 2.6.



## **5 MÉTODO DE GERENCIAMENTO E NORMATIVA DE LOTEAMENTO SUSTENTÁVEL**

Neste capítulo, apresenta-se o princípio de funcionamento do método proposto para gerenciamento dos elementos de controle com base no CTM, bem como se define a proposição normativa para projeto e implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico local.

### **5.1 MÉTODO DE GERENCIAMENTO DOS ELEMENTOS DE CONTROLE COM BASE NO CTM**

#### **5.1.1 Exemplificação do Método de Gerenciamento**

No Brasil, assim como em outros países (por exemplo, Canadá, Estados Unidos e Portugal), para se iniciar uma construção se faz necessária a obtenção do alvará de construção. Nesse caso, uma das exigências para o desenvolvimento do loteamento sustentável, bem como para a obtenção do alvará, será a análise prévia do ciclo hidrológico envolvendo o loteamento e seu entorno, ou seja, da bacia hidrográfica na qual o loteamento está inserido.

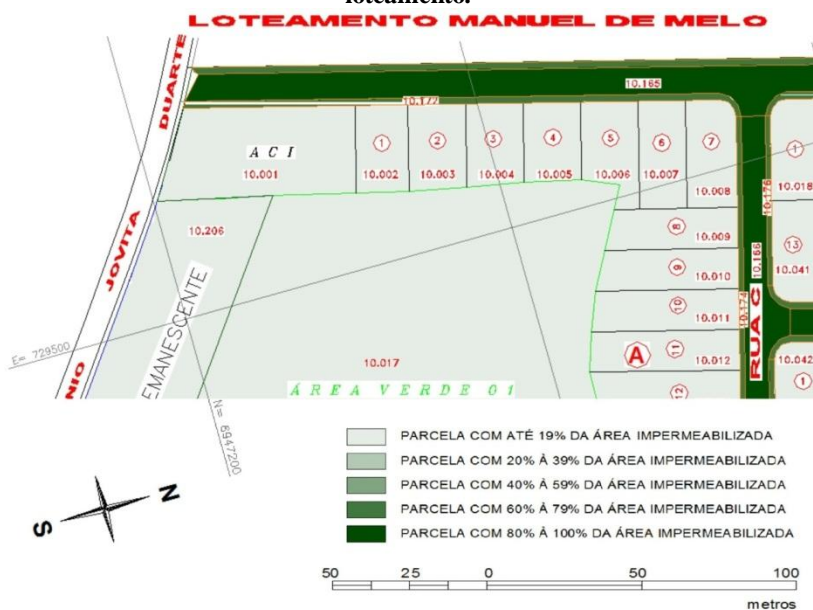
Nessa análise, um dos principais resultados será a apresentação da contribuição de água pelo escoamento superficial a jusante do perímetro do empreendimento. Com isto, o departamento municipal responsável exigirá do empreendedor que, após a implantação do loteamento, tal contribuição permaneça inalterada, haja vista ser uma das exigências da proposição de normativa de loteamento sustentável.

Concluído o levantamento do aumento do escoamento superficial de água, verificam-se quais são os elementos de controle para o loteamento, de acordo com as recomendações da proposição de normativa. Na sequência, o empreendedor apresentará ao departamento responsável da prefeitura um cadastro territorial com os atributos mínimos exigidos. Como regra geral, o cadastro no mínimo deverá conter as seguintes informações: área permeável, taxa de impermeabilização (percentual determinado através da relação entre área impermeável total e área total do lote), coeficiente de escoamento superficial, área, número do lote, número da quadra, tipo de solo, etc.

Uma vez adicionadas tais informações em plantas cadastrais e integradas ao CTM municipal, propõe-se a realização da gestão da água pluvial através do monitoramento dos elementos de controle, iniciando o processo de gestão das águas pluviais antes de qualquer movimentação de terra para a construção do loteamento.

Para ilustrar graficamente a proposta de gerenciamento dos elementos de controle, apresenta-se um exemplo com a taxa de impermeabilização de um loteamento implantado no município de São José, Estado de Santa Catarina, Brasil. Apesar do loteamento localizar-se num município específico de Santa Catarina, os procedimentos de análise de impermeabilização para as parcelas territoriais são padrão e extensivos a qualquer outro loteamento. A figura 5.1 apresenta parte do loteamento em análise.

**Figura 5.1 – Taxa de impermeabilização das parcelas na conclusão do loteamento.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Por meio da figura 5.1, pode-se observar que as ruas foram alinhadas aos eixos vertical e horizontal e, conseqüentemente, o Norte não ficou posicionado na vertical. Esse procedimento foi executado para facilitar a visualização do empreendimento. Também se pode notar que as parcelas territoriais foram devidamente representadas com o seu código de identificação unívoco (números com formato 10.xxx) obtido na incorporação do LS ao CTM. Estes identificadores são usados na planilha de dados do sistema de informações que contém tantas

informações quantas necessárias forem para o devido controle do loteamento sustentável.

Para identificar os diferentes índices de impermeabilização para cada parcela que compõe o CTM, utilizou-se uma paleta de cores na qual a variação de tonalidade indica que os tons mais fortes caracterizam maior índice de impermeabilização e tons mais claros, menor índice, conforme pode-se observar na figura 5.1. Nota-se que as pistas de rolamentos possuem uma taxa de impermeabilização maior que as demais parcelas. A justificativa se sustenta no fato de que as vias foram pavimentadas com asfalto comum (taxa de impermeabilização igual a 100%), conforme memorial descritivo do loteamento. Já nos passeios públicos foram usados materiais drenantes, deixando a taxa de impermeabilização entre 60% e 79%. Os lotes não edificados apresentam valores baixos de taxa de impermeabilização (menos de 19%), uma vez que ainda não possuem qualquer tipo de construção.

Com os dados das parcelas e respectivos atributos (por exemplo, taxas de impermeabilização) agregados ao CTM do loteamento, tem-se a fase inicial de operação do LS concluído pelo empreendedor. Atendidas a todas as exigências da proposição de normativa, bem como os demais requisitos exigidos pela prefeitura, o loteamento recebe o Habite-se. A partir deste momento, o departamento da prefeitura responsável pela urbanização fará a gestão das parcelas e manterá atualizado o CTM do LS, principalmente no que se refere às áreas impermeáveis.

Propõe-se que, de modo prático, sistemático e efetivo, o departamento municipal de cadastro territorial seja responsável pela gestão das parcelas do loteamento sustentável e, conseqüentemente, gestor das águas pluviais nos LS através do gerenciamento dos elementos de controle, como a área impermeável.

O levantamento dos dados cadastrais deve ser pré-requisito para solicitação/liberação do alvará de construção. Conforme já comentado, no Brasil, assim como em outros países, para se iniciar uma obra civil deve-se obter o alvará de construção. Dessa forma, quando o proprietário da parcela solicitar a aprovação do projeto, esse deverá indicar a área que será impermeabilizada (taxa de impermeabilização) como decorrência da edificação do lote. No cálculo dessa área, deverão ser levadas em consideração as áreas de projeção de toda a construção coberta, bem como as áreas não cobertas (piscinas, calçadas e passeios). Uma vez determinada a área total impermeabilizada, o proprietário deverá apresentar uma compensação, para o sistema de drenagem superficial, quanto ao conseqüente incremento no volume de água

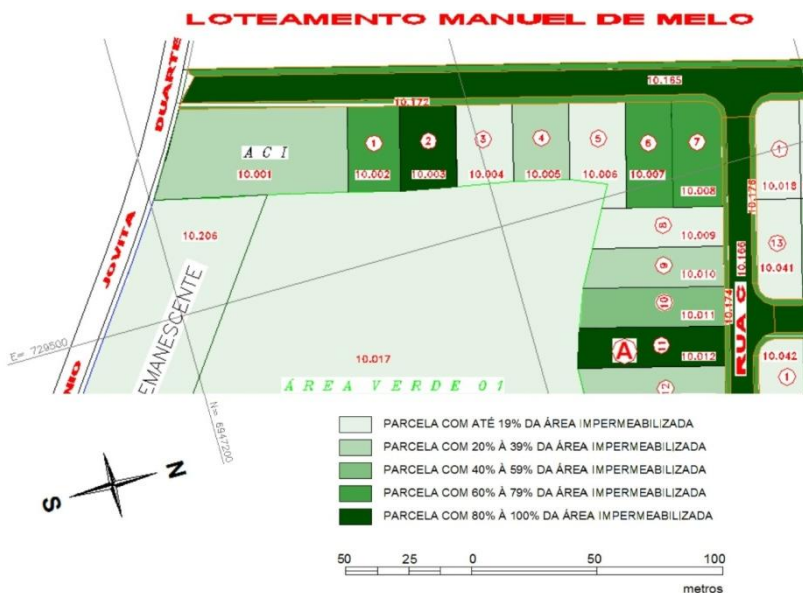
(LIVINGSTON; MCCARRON, 1992; ARNOLD; GIBBONS, 1996; TUCCI, 2000; WHITFORD; HANDLEY; ENNOS, 2001).

Deve-se, portanto, indicar no projeto o volume de retenção de água pluvial que será necessário a fim de se manter a vazão de água superficial existente antes da construção. Essa exigência, por parte da prefeitura, recai diretamente ao proprietário do imóvel, uma vez que seja possível pelo código de obras/plano diretor do município e este especifique essa exigência supracitada na caracterização do loteamento como sustentável. Como exemplo da adoção deste formato de lei, podem-se citar a prefeitura de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, a qual incorporou ao Plano Diretor Urbano e Ambiental um artigo que obriga os novos empreendedores a amortecer o aumento da vazão decorrente da impermeabilização (TUCCI, 2003), e a prefeitura de Curitiba, Estado do Paraná, que também incorporou esta exigência através do Decreto nº 176, de 2007.

Deste modo, ao longo do tempo, cada projeto aprovado terá suas informações registradas e atualizadas no departamento de CTM da prefeitura. Uma vez atualizado o mapeamento temático da impermeabilização do solo das parcelas territoriais do loteamento sustentável, este terá futuramente uma formatação gráfica, conforme o exemplo hipotético apresentado na figura 5.2.



**Figura 5.2 – Taxa de impermeabilização das parcelas com a ocupação em andamento no loteamento sustentável.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Todas essas informações e as exigidas pela proposição de normativa de LS, bem como aquelas que o departamento responsável pela emissão do alvará solicitar, serão armazenadas no banco de dados do CTM, conforme sugerido na tabela 5.1.

**Tabela 5.1 – Cadastro das parcelas territoriais no CTM.**

<b>Código</b>	<b>Lote</b>	<b>Quadra</b>	<b>Nome do proprietário<sup>1</sup></b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>TII</b>	<b>TIA</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>)</b>
10.001	-	A	Prefeitura Municipal de São José/SC	1297,97	0%	32%	6,65
10.002	1	A	Maria da Costa	403,85	0%	68%	4,39
10.003	2	A	Ponte Engenharia	428,27	0%	83 %	5,69
10.004	3	A	João Honorato da Silveira	409,66	0%	5%	0,33
10.005	4	A	Silva, Luiz Inácio da Silva	395,44	0%	35 %	2,21
10.006	5	A	Ponte Engenharia	458,51	0%	5%	0,37
10.007	6	A	Samuel João da Silveira	446,54	0%	72 %	5,14
10.008	7	A	Samuel João da Silveira	473,07	0%	73 %	5,53
10.009	8	A	Ponte Engenharia	455,88	0%	5%	0,36
10.010	9	A	Germano Vieira	491,13	0%	29 %	2,28
10.011	10	A	João Amin	517,7	0%	52 %	4,31

Legenda: TII - taxa de impermeabilização inicial; TIA - taxa de impermeabilização atual; Vol - volume de compensação.

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Para exemplificar melhor a proposição da integração entre o CTM e o loteamento sustentável, será feito uso das figuras 5.1 e 5.2, associadas aos dados presentes na tabela 5.1, tomando como exemplo a parcela que apresenta o código único do CTM de 10.003. Este código identifica a parcela 02, da quadra A, que possui uma área total de 428,27 m<sup>2</sup>.

O empreendedor do loteamento entregou este lote sem a presença de área impermeabilizada. Desta forma, na figura 5.1 este lote é

---

<sup>1</sup> Os proprietários informados são todos fictícios, visando-se somente ilustrar a possibilidade de inserção dos respectivos nomes dos proprietários.

representado com a hachura em tom mais claro. No segundo cenário, o novo proprietário desta parcela construiu no terreno e o resultado foi um aumento na taxa de impermeabilização, que passou de zero para 83% da área total do terreno. Desta forma, na figura 5.2 a parcela passou a ser representada pela hachura com tom mais escuro.

Como consequência do aumento da taxa de impermeabilização do lote, conforme a exigência do plano diretor/código de obras do loteamento sustentável, o proprietário obrigatoriamente precisa fazer uma compensação da retenção de volume de água pluvial proporcional ao aumento de impermeabilização calculado.

No exemplo apresentado, a compensação foi calculada conforme a norma usada pelo município de Curitiba, Estado do Paraná, que é o Decreto nº 176, de 2007. Adotou-se este modelo em detrimento dos demais, como o do município de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul (Plano Diretor de Drenagem Urbana, de 2005) e o do município de São Paulo, Estado de São Paulo (Lei nº 13.276/2002), devido ao fato de o município de Curitiba apresentar volumes maiores de água para os reservatórios. Neste caso, o dimensionamento do reservatório é determinado pela seguinte fórmula:

$$V = k \cdot I \cdot A \quad (1)$$

Em que:

V = volume do reservatório [m³];

k = constante dimensional = 0,20;

I = intensidade da chuva = 0,080 [m/h];

A = área impermeabilizada [m²].

Considerando-se a área impermeabilizada, o resultado do produto da taxa de impermeabilização com a área do terreno, chega-se ao volume do reservatório indicado para o lote 02 da quadra A: 5,69 m³. Para os demais lotes, os volumes recomendados podem ser observados na tabela 5.1.

A tabela 5.1, que se caracteriza como um banco de dados, pode conter mais dados. É possível acrescentar novas colunas por meio de operações triviais em sistemas de bancos de dados. Como exemplo, pode-se citar o caso da criação de um imposto relacionado à taxa de impermeabilização, o qual pode ser obtido por meio do produto de uma constante com a taxa de impermeabilização do solo da parcela territorial.

Além disso, o CTM permite gerar novos mapas temáticos segundo as informações existentes na base de dados da cartografia

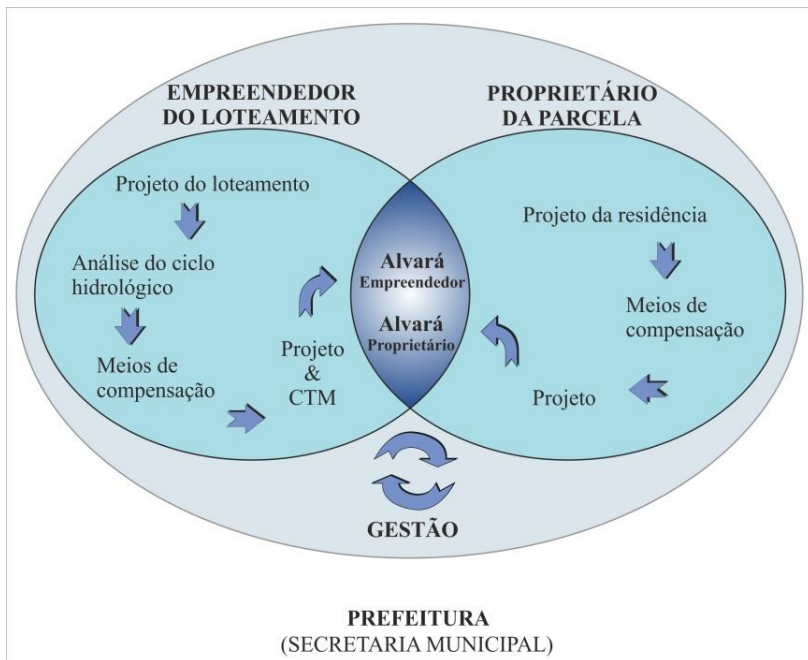
cadastral (LOCH; ERBA, 2007). Com isto, o planejador e o gestor podem analisar por meio de representações gráficas as informações temporais arquivadas em tabelas, facilitando a identificação e as proposições de projetos futuros. Por exemplo, podem-se citar os mapas temáticos com as parcelas informando os respectivos volumes de retenções, através dos quais se pode identificar facilmente os lotes com os maiores reservatórios.

Desta forma, o departamento responsável poderá ter as informações atualizadas e fazer a fiscalização, por exemplo, mandar o fiscal fazer uma vistoria nas parcelas com os maiores reservatórios para verificar o funcionamento.

### **5.1.2 Método de Gerenciamento dos Elementos de Controles de Loteamento Sustentável**

Diante do que foi discutido, chega-se ao método para a gestão dos elementos de controle para a manutenção do ciclo hidrológico local em loteamentos sustentáveis sob a ótica do CTM, conforme ilustrado na figura 5.3.

**Figura 5.3 – Método de gerenciamento de água pluvial em LS com o uso do CTM.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O processo representado na figura 5.3 pode ser descrito da seguinte forma: o empreendedor desenvolve o projeto do loteamento sustentável baseando-se num estudo do ciclo hidrológico da bacia hidrográfica na qual o loteamento estará inserido. Na sequência, o empreendedor verifica os meios para fazer a compensação e não alterar o volume de água pluvial a jusante do loteamento através das recomendações da proposição de normativa de loteamento sustentável. Por fim, com o procedimento de compensação das águas pluviais definido no projeto do loteamento sustentável, este projeto é enviado à prefeitura (via Secretaria Municipal ou Departamento de Análise de Projeto) para análise. Ressalta-se que o empreendedor deverá entregar à prefeitura o Cadastro Territorial Multifinalitário do loteamento com um arquivo gráfico (planta do loteamento) e o arquivo de dados tabulares, com no mínimo as seguintes informações de cada parcela: código de identificação, número do lote e da quadra, área, taxa de

impermeabilização, volume de retenção e o georreferenciamento de todas as parcelas amarradas ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), atendendo à acuraria geométrica que demanda a escala de representação do CTM da prefeitura.

Para os elementos de controle, será necessário o fornecimento dos dados dos atributos definidos na proposição de normativa para loteamento sustentável.

Após a devida análise do projeto do LS e do CTM pelos profissionais da área técnica da prefeitura, esta fará a emissão do alvará de construção. Em seguida, a prefeitura atualizará os novos dados no CTM do município.

Após a devida liberação do loteamento pela prefeitura, com o Habite-se, os novos proprietários dos lotes terão permissão para iniciar a construção de suas residências. Para tanto, conforme a figura 5.3, será necessário apresentar o projeto construtivo da edificação à prefeitura, bem como o detalhamento do meio de compensação para evitar o excesso de concentração de águas pluviais na área impermeabilizada da parcela ou do conjunto de parcelas territoriais. Com isto, a Prefeitura analisa o projeto e emite o alvará de construção, atualizando o CTM de acordo com o projeto aprovado.

## 5.2 NORMATIVA DE LOTEAMENTO SUSTENTÁVEL

Na sequência, é apresentado o projeto de lei que define e regulamenta loteamentos residenciais sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico. Este projeto foi baseado nos resultados obtidos com a aplicação do método Delphi e tem o objetivo de atender o método de gerenciamento de loteamentos sustentáveis.

A proposição da normativa técnico administrativa para projetos e implantações de LS (conforme objetivo específico 5) está apresentada nas páginas seguintes ressaltada por um quadro, de modo a diferenciar o produto da tese.

PROJETO DE LEI QUE DEFINE E REGULAMENTA OS  
LOTEAMENTOS RESIDENCIAIS SUSTENTÁVEIS QUANTO AO  
CICLO HIDROLÓGICO LOCAL.

PROJETO DE LEI Nº \_\_\_\_\_/2013.

Define e regulamenta a implantação de loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico local.

**DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES**

Fica definido Loteamento Residencial Sustentável (LRS) quanto ao ciclo hidrológico local como sendo: “todo loteamento cujo ciclo hidrológico local permanece em equilíbrio após sua implantação”. Essa definição também pode ser expressa da seguinte forma: o LRS é aquele que, após sua implantação mantém a vazão de água pluvial inalterada quando comparada com a pré-ocupação.

Art. 1º - Para os efeitos desta Lei, são adotadas as seguintes definições:

- I - Área de infiltração: área de solo coberta com material permeável à água, por exemplo: grama, brita, areia, etc.
- II - Área de lazer: todos os espaços de uso coletivo de propriedade do Poder Público, arborizados ou não, que tenham valor social para os cidadãos como locais destinados às atividades de lazer, contemplação, encontro e convívio, ou que apresentem potencial para abrigar essas atividades.
- III - Área de preservação permanente: área *non aedificandi* definida pela Resolução nº 303, de 20 de março de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), tais como: faixas de rios, entorno de nascentes e lagos, dunas, etc.
- IV - Área *non aedificandi*: área de terreno onde não é permitido qualquer tipo de construção, tais como: edificações, calçadas, passeios, etc.
- V - Área verde: área de solo coberta com vegetação contígua em solo permeável.
- VI - Bacia de retenção: reservatório com grandes dimensões escavado no solo, que retém a água temporariamente, liberando-a de maneira gradativa para a rede pluvial. A aplicação da bacia de retenção consiste no atendimento geral ao loteamento, não sendo

indicada para uso individual. A bacia de retenção pode ser projetada para funcionar como bacia de infiltração. Nesse caso, o fundo não é impermeável, permitindo a infiltração da água no solo e a formação de lagos temporários.

- VII - Calçadas verdes: formadas por uma faixa de piso permeável antiderrapante com largura mínima de 1,20 m e outra com o plantio de grama, vegetação rasteira, etc., com largura mínima de 0,75 m. De acordo com a largura do passeio, poderá haver mais de uma faixa com plantio e cultivo de espécies rasteiras, como flores ou gramas, ou plantas de médio porte, como árvores.
- VIII - Canal com pedregulho/vegetação: curso de água natural ou artificial, claramente diferenciado, que permanente ou periodicamente contém água em movimento ou que forma uma ligação entre duas linhas de água. Tem superfície revestida com material drenante, como pedregulho ou vegetação, e se destina à condução da água a jusante, bem como à infiltração de água para o solo.
- IX - Pavimentação permeável: caracteriza-se como um pavimento que permite a passagem de água pelo próprio material, infiltrando a água no solo. É formada por uma camada superficial porosa ou perfurada e, abaixo desta, por outra camada composta de pedras com granulometria diferenciada, facilitando a infiltração da água no solo.
- X - Poço de infiltração: dispositivo com pequena ocupação de área superficial e grande profundidade, preenchido com material permeável ou poroso de forma a facilitar a infiltração da água no solo.
- XI - Reservatório de retenção: reservatório destinado a reduzir os caudais máximos de cheia de um curso de água mediante um armazenamento temporário, liberando a água de maneira gradativa para a rede pluvial. O reservatório possui uma saída na base que libera a água com uma vazão de saída menor que a de entrada.



- XII - Reservatório de retenção: mecanismo que armazena a água pluvial em seu interior. Nesse caso, a água acumulada pode ser aproveitada para usos não potáveis, como limpeza de calçadas e carros, irrigação de jardins, descargas em vasos sanitários, etc.
- XIII - Solo arenoso (S): classificado como sendo aquele em que mais da metade da fração grosseira é menor que a abertura da peneira de malha nº 4, apresentando uma mistura de areia com pouco ou nenhum solo fino.
- XIV - Solo argiloso (C) e/ou siltoso (M): classificado como sendo aquele em que mais da metade da fração grosseira é menor que a abertura da peneira de malha nº 200, apresentando uma mistura que pode conter siltes, areias muito finas, alteração de rocha, areias finas siltosas ou argilosas, argilas arenosas, argilas siltosas, argilas magras, etc.
- XV - Solo orgânico (turfa) (P): classificado como sendo aquele que apresenta elevado teor de matéria orgânica. Pode ser identificado por cor, cheiro, porosidade e textura, esta normalmente fibrosa.
- XVI - Solo pedregulhoso (G): classificado como sendo aquele em que mais da metade da fração grosseira é maior que a abertura da peneira de malha nº 4, apresentando uma mistura de areia com pouco ou nenhum solo fino.
- XVII - Taxa de impermeabilização: percentual determinado através da relação entre a área impermeável total e a área total do lote. Serão consideradas no cálculo da área impermeável todas as áreas que impermeabilizam o solo, tais como: calçadas, piscinas, passeios, *decks*, etc.
- XVIII - Vala de infiltração: consiste numa escavação feita no solo com profundidade entre 1,0 e 3,5 m, revestida com manta geotêxtil e coberta com uma camada de brita ou outro material drenante. Possui um volume disponível para fazer a retenção temporária da água, a qual vai se infiltrando no solo através do fundo e das paredes laterais.

XIX - Vegetação: definida como um conjunto de plantas.

### **DOS REQUISITOS URBANÍSTICOS**

Art. 2º - O LRS deverá possuir uma área verde mínima equivalente a 25% da área total do loteamento.

§1º - As áreas de preservação permanentes podem ser consideradas no cômputo da área verde, desde que tenham vegetação contígua.

§2º - As áreas *non aedificandi* podem ser consideradas no cômputo da área verde, desde que tenham vegetação contígua.

Art. 3º - Cada lote deverá deixar no mínimo 25% de sua área como área de infiltração.

Art. 4º - O loteador deverá implantar medidas mitigadoras no controle da água pluvial para não aumentar a vazão além da existente antes da implantação do loteamento.

Art. 5º - O solo do loteamento deverá ser classificado segundo os seguintes critérios: solo pedregulhoso (G); solo arenoso (S); solo argiloso (C)/siltoso (M); e solo orgânico (turfa) (P).

§1º - Se o loteamento tiver áreas contíguas maiores ou iguais a 25% de um solo com classificação diferente do restante, esta área poderá ser classificada de acordo com o respectivo tipo.

§2º - As áreas classificadas como solo orgânico serão consideradas como área *non aedificandi*.

Art. 6º - Serão adotados, em ordem prioritária, os seguintes procedimentos para controle da água pluvial, determinados de acordo com a classificação do solo do loteamento:

§1º - Solo pedregulhoso (G):

I - Pavimentação permeável: item obrigatório para esse solo.

II - Calçada verde: item obrigatório para este solo.

III - Vala de infiltração: para infiltrar o acréscimo de água pluvial no solo do loteamento será(ão) projetada(s) valas(s) de infiltração em área(s) de uso comum. Caso a vala de infiltração seja insuficiente, será adotado o elemento de controle seguinte: poço de infiltração. Os dois procedimentos poderão ser adotados simultaneamente.

IV - Poço de infiltração: para infiltrar o acréscimo de água pluvial no solo do loteamento, será(ão) projetado(s) poço(s) de infiltração em área(s) de uso

comum. Caso o poço de infiltração juntamente com a vala de infiltração sejam insuficientes, será adotado o elemento de controle seguinte: canal com pedregulho/vegetação. Os três procedimentos poderão ser adotados simultaneamente.

- V - Canal com pedregulho/vegetação: este elemento de controle conduz o excesso de água pluvial a jusante, bem como infiltra parte da água conduzida. No entanto, o uso do canal só poderá ser adotado em paralelo com outra medida mitigadora. O projetista poderá optar por usar em conjunto com qualquer uma das medidas mitigadoras apresentadas no art. 6º.
- VI - Bacia de detenção: será usada caso os elementos de controle citados anteriormente não sejam suficientes para manter a vazão de água anterior à implantação do loteamento.
- VII - Reservatório de detenção: será adotado caso os elementos de controle citados anteriormente não sejam suficientes para atender à manutenção da vazão de água anterior à implantação do loteamento. O reservatório de detenção poderá ser usado em detrimento ao item anterior.

#### §2º -Solo arenoso (S):

- I - Calçada verde: item obrigatório para esse solo.
- II - Pavimentação permeável: item obrigatório para esse solo.
- III - Vala de infiltração: para infiltrar o acréscimo de água pluvial no solo do loteamento será(ão) projetada(s) valas(s) de infiltração em área(s) de uso comum. Caso a vala de infiltração seja insuficiente, deverá ser adotada a próxima medida de controle. Pode-se optar-se por usar as duas medidas simultaneamente.
- IV - Poço de infiltração: para infiltrar o acréscimo de água pluvial no solo do loteamento será(ão) projetado(s) poço(s) de infiltração em área(s) de uso comum. Caso o poço de infiltração juntamente com a vala de infiltração seja insuficiente, deverá ser

adotada a próxima medida de controle. Poderá optar-se por usar as três medidas simultaneamente.

- V - Canal com pedregulho/vegetação: este elemento de controle conduz o excesso de água pluvial a jusante, bem como infiltra parte da água conduzida. No entanto, o uso do canal só poderá ser adotado em paralelo com outra medida mitigadora. O projetista poderá optar por usar em conjunto com qualquer um dos elementos de controle apresentados no art. 6º. Seu uso é recomendado em detrimento às tubulações.
- VI - Bacia de detenção: será usada caso os elementos de controle citados anteriormente não sejam suficientes para a manutenção da vazão de água anterior à implantação do loteamento.
- VII - Reservatório de detenção: será adotado caso os elementos de controle citados anteriormente não sejam suficientes para a manutenção da vazão de água anterior à implantação do loteamento. Pode-se substituir o reservatório pela bacia de detenção.

§3º -Solo argiloso (C) e/ou siltoso (M):

- I - Reservatório de detenção: para evitar picos de vazão superiores à vazão máxima sucedida antes da implantação do loteamento, será(ão) projetado(s) reservatório(s) de detenção em área(s) de uso comum.
- II - Bacia de detenção: para evitar picos de vazão superiores à vazão máxima sucedida antes da implantação do loteamento, será(ão) projetada(s) bacia(s) de detenção em área(s) de uso comum. Caso tenha espaço suficiente para a execução de bacia de detenção em áreas comuns do loteamento, a bacia de detenção poderá ser adotada em detrimento ao reservatório de detenção.
- III - Calçada verde: item obrigatório para esse solo. Sua exigência deve-se pelo fato de a calçada verde oferecer outros benefícios ao loteamento além da infiltração de água, por exemplo, auxílio na manutenção da umidade e temperatura local.

- IV - Pavimentação permeável: item facultativo para este solo. Se for adotado, é vetado seu cômputo como item para a redução da vazão pluvial.
- V - Vala de infiltração: será usada caso os elementos de controle citados anteriormente não sejam suficientes para a manutenção da vazão de água anterior à implantação do loteamento.
- VI - Poço de infiltração: será usado caso os elementos de controle citados anteriormente não sejam suficientes para a manutenção da vazão de água anterior à implantação do loteamento.
- VII - Canal com pedregulho/vegetação: esse elemento de controle conduz o excesso de água pluvial a jusante, bem como infiltra parte da água conduzida. No entanto, o uso do canal só poderá ser adotado em paralelo com outro elemento de controle. Seu uso é recomendado em detrimento às tubulações.

§4º - Solo orgânico (turfa) (P): para este tipo de solo é vetado o parcelamento. O solo orgânico é considerado como área *non aedificandi* e poderá ser considerado no cômputo da área verde, desde que tenha vegetação contígua.

Art. 7º - Será obrigatória a implantação de reservatórios de retenção ou retenção em cada lote (parcela) quando for realizada alguma construção no lote.

Parágrafo único. O reservatório deverá ser especificado junto com o projeto do imóvel quando da solicitação do alvará de construção.

Art. 8º - Os reservatórios de retenção ou retenção deverão ser dimensionados para cada caso.

Parágrafo único. O dimensionamento do volume necessário ao reservatório será definido pelo órgão competente municipal.

Art. 9º - O proprietário do imóvel é responsável pela manutenção e limpeza periódica do reservatório, de modo a garantir o perfeito escoamento de águas pluviais.

### **DO PROJETO DE LOTEAMENTO**

Art. 10 - É vetada a implantação de loteamentos residenciais sustentáveis em solos do tipo orgânico (turfa).

Art. 11 - O projeto do loteamento deverá atender aos requisitos da Lei de Parcelamento de Solo, bem como aos seguintes itens:

- I - Fornecer o cadastro parcelar do loteamento em formato definido pela prefeitura e com os atributos mínimos informados nesta Lei.
- II - Apresentar o cadastro das parcelas com a respectiva taxa de impermeabilização prevista na entrega do loteamento à prefeitura.

Art. 12 - O loteador deverá apresentar os seguintes itens:

- I - o valor da vazão de água pluvial que sai do perímetro do loteamento antes da implantação do loteamento;
- II - a classificação do solo do loteamento;
- III - os projetos dos elementos de controle da água pluvial para a manutenção da vazão de água pluvial;
- IV - o valor da vazão de água pluvial que sai do perímetro do loteamento após a implantação do loteamento.

Parágrafo único. O valor mínimo aceito da vazão de água pluvial que sai do perímetro do loteamento antes da implantação será determinado pelo órgão competente municipal.

### **DO CADASTRO DO LOTEAMENTO**

Art. 13 - O cadastro do loteamento deverá seguir o modelo existente no município e seguir as recomendações da Diretriz 511, de 2009, do Ministério das Cidades.

Art. 14 - Cada medida de controle indicada nesta Lei deve ter um código/identificador unívoco e exclusivo e no mínimo os seguintes atributos no cadastro:

- I - Área verde:
  - a) Área
  - b) Tipo de espécies plantadas
- II - Bacia de Detenção:
  - a) Área
  - b) Volume
  - c) Revestimento superficial
  - d) Data de construção
  - e) Frequência de manutenção
  - f) Data da próxima manutenção
  - g) Informação do uso em período de seca
  - h) Manutenção preventiva
- III - Calçada verde:

- a) Área
  - b) Tipo de material construído
  - c) Revestimento superficial
  - d) Frequência de manutenção
  - e) Data da próxima manutenção
  - f) Manutenção preventiva
- IV - Canal com pedregulho/vegetação:
- a) Área
  - b) Volume
  - c) Revestimento superficial
  - d) Data de construção
  - e) Frequência de manutenção
  - f) Data da próxima manutenção
  - g) Manutenção preventiva
- V - Pavimentação permeável:
- a) Área
  - b) Tipo de material construído
  - c) Data de construção
  - d) Frequência de manutenção
  - e) Data da próxima manutenção
  - f) Manutenção preventiva
- VI - Poço de infiltração:
- a) Área
  - b) Volume
  - c) Tipo de material construído
  - d) Revestimento superficial
  - e) Data de construção
  - f) Frequência de manutenção
  - g) Data da próxima manutenção
  - h) Manutenção preventiva
- VII - Reservatório de detenção:
- a) Área
  - b) Volume
  - c) Tipo de material construído
  - d) Revestimento superficial
  - e) Data de construção
  - f) Frequência de manutenção
  - g) Data da próxima manutenção

h) Manutenção preventiva

VIII - Vala de infiltração:

- a) Área
- b) Volume
- c) Revestimento superficial
- d) Data de construção
- e) Frequência de manutenção
- f) Data da próxima manutenção
- g) Manutenção preventiva

Art. 15 - O proprietário do loteamento deverá apresentar a taxa de impermeabilização de cada parcela.

Parágrafo único. Quando da solicitação do alvará de construção, o proprietário da parcela deverá informar a taxa de impermeabilização prevista com a conclusão da construção.

Art. 16 - O proprietário do loteamento deverá entregar o cadastro do loteamento quando da solicitação do alvará de construção do loteamento.

### **DOS INCENTIVOS FISCAIS**

Art. 17 - Isenção de 75% do Imposto Sobre Serviços (ISS) sobre os valores normalmente cobrados para esse fim.

Art. 18 - Isenção de 75% da Taxa de Fiscalização sobre os valores normalmente cobrados para esse fim.

Art. 19 - Isenção de 75% da Taxa de Emissão do Habite-se sobre os valores normalmente cobrados para esse fim.

Art. 20 - Isenção de 75% do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) sobre os valores lançados em condições normais a este título, pelo período de 10 anos consecutivos.

Art. 21 - Isenção de 75% do Imposto de Transmissão de Bens Imóveis (ITBI) sobre os valores lançados em condições normais a este título.

### **DISPOSIÇÕES FINAIS**

Art. 22 - Caberá à Secretaria de Planejamento Urbano ou um órgão municipal equivalente a implantação e exigência desta lei.

Art. 23 - A pessoa física ou jurídica que infringir os dispositivos desta lei fica sujeita às penalidades de acordo com a infração.

Art. 24 - Os casos omissos serão analisados pela Secretaria de Planejamento Urbano ou um órgão municipal equivalente.



Art. 25 - Caberá à Secretaria de Planejamento Urbano ou um órgão municipal equivalente a criação de uma normativa para a definição dos procedimentos internos do setor para aplicação e fiscalização desta Lei.

Art. 26 - Esta lei entrará em vigor em 90 (noventa) dias após a data de sua publicação.

### **JUSTIFICATIVA**

Em áreas urbanizadas, observa-se claramente a ocorrência acumulativa de impermeabilização do solo, seja na pavimentação das ruas, seja nas construções de calçadas e residências (CENTER FOR WATERSHED PROTECTION, 2000). O efeito da impermeabilização é visível e ocorre naturalmente após o processo de urbanização, tornando-se necessário, portanto, que áreas verdes, de percolação e de retenção das águas superficiais sejam planejadas adequada e previamente ao estabelecimento de um Loteamento Sustentável (LS).

Segundo pesquisa realizada por D'Almeida Junior e Manzoli Junior (2004) num loteamento com 168.080,74 m<sup>2</sup> de área, no município de São Paulo (Brasil), o percentual de impermeabilização deste loteamento em um intervalo de aproximadamente três anos chegou a 58,61% da área. Este número tende a aumentar com a consolidação do loteamento, a partir da implantação de áreas de lazer e áreas institucionais, bem como da construção de edificações de uso comercial e residencial ainda por iniciar.

Uma vez que um loteamento possui grandes áreas de solo impermeável devido ao desenvolvimento da urbanização, uma das consequências diretas é o aumento da vazão de escoamento de água pluvial (LEOPOLD, 1968; LIVINGSTON; MCCARRON, 1992). Leopold (1968) analisou o efeito da urbanização sobre a vazão média de inundação numa área de uma milha quadrada, tendo como base o aumento da percentagem de área impermeável e de condutos pluviais. Neste cenário, obteve-se como resultado que o aumento da vazão máxima de uma bacia urbanizada pode chegar a até seis vezes a vazão máxima para uma mesma área antes da urbanização.

A consequência da urbanização também foi analisada por Yoshimoto e Suetsugi (1990), os quais divulgaram os resultados da variação do tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, em função do aumento da área de solo impermeável como consequência de um processo de urbanização, numa bacia hidrográfica nas proximidades de Tóquio (Japão), ao longo dos anos de desenvolvimento. Um dos resultados dessa pesquisa foi a constatação de que, com o passar dos anos, a proporção de área urbanizada aumentou significativamente,

passando-se de 10% em 1958 e a 75% em 1985. Consequentemente, a área de solo impermeabilizada também teve o aumento nas mesmas proporções e, portanto, teve-se uma redução do tempo de concentração da bacia hidrográfica, o que contribuiu diretamente para o aumento das inundações (LEOPOLD, 1968).

Com o desenvolvimento da urbanização, além das vazões das cheias serem maiores, o tempo para que ocorra a vazão máxima se reduz ao longo dos anos. Assim, o escoamento se processa em grande velocidade, ocasionando dificuldades no lançamento das águas e, consequentemente, provocando continuamente processos de erosões e inundações (SAUER, 2007).

Por fim, verifica-se que o constante aumento das áreas impermeabilizadas traz consigo graves consequências para a sociedade. Já se provou que as alterações provocadas pela ação antrópica no meio ambiente alteram o ciclo hidrológico e trazem problemas para o desenvolvimento social, econômico e ambiental de toda a área afetada. Inundações e erosões podem desencadear problemas de saúde pelo contato com água e solo contaminados e causar perda de vidas humanas, danos materiais, desvalorização de imóveis e outros tantos problemas, como se pode constatar nos noticiários veiculados na mídia brasileira e mundial.

Com o objetivo de proporcionar uma melhoria na interação homem-meio ambiente, busca-se aplicar um novo conceito para o ordenamento territorial com a execução de Loteamentos Sustentáveis (LS).

Por isso, para tentar contribuir com essa questão, submetemos à apreciação este projeto de lei que define e regulamenta Loteamentos Residenciais Sustentáveis (LRS) quanto ao ciclo hidrológico, visando à mitigação dos efeitos da água pluvial.

## REFERÊNCIAS

CENTER FOR WATERSHED PROTECTION. **Maryland Stormwater**: Design Manual. v. 1 e 2. Maryland: Maryland Department of the Environment, 2000. Disponível em: <[http://www.mde.state.md.us/programs/Water/Stormwater ManagementProgram/MarylandStormwaterDesignManual/Pages/programs/waterprograms/sedimentandstormwater/stormwater\\_design/index.asp](http://www.mde.state.md.us/programs/Water/Stormwater%20ManagementProgram/MarylandStormwaterDesignManual/Pages/programs/waterprograms/sedimentandstormwater/stormwater_design/index.asp)>. Acesso em: 18 mar. 2011.

D'ALMEIDA JUNIOR, Amandio José Cabral; MANZOLI JUNIOR, Wilson. Cadastro técnico multifinalitário: ferramenta para implantação de medidas não estruturais de controle da drenagem pluvial urbana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO - COBRAC 2004. **Anais...** Florianópolis/SC, 2004. 12 p.

LEOPOLD, Luna B. **Hydrology for Urban Land Planning:** A Guidebook on the Hydrologic Effects on Urban Land Use: Geological Survey Circular 554. Washington: U. S. Department of the Interior, 1968, p. 18.

LIVINGSTON, Eric H.; MCCARRON, Ellen. **Stormwater Management:** A Guide for Floridians. Florida: Florida Department of Environmental Regulation, Tallahassee, 1992. p.72.

SAUER, Carlos Eduardo. **Análise de aspectos da legislação ambiental relacionado à ocupação urbana em áreas de preservação permanente através do uso de ortofotos:** O caso do Rio Bacacheri em Curitiba – PR. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba/PR. 2007. p. 110.

YOSHIMOTO, Toshihiro; SUETSUGI, Tadashi. Comprehensive Flood Disaster Prevention Measures in Japan. In: **Duisberg Symposium**, 1988. Hydrological Processes and Water Management in Urban Areas, IAHS, International Association of Hydrological Sciences Publication, n. 198, 1990. p. 175-183.



## 6 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso tem por objetivo geral de observar e comprovar a aplicabilidade das proposições sugeridas na normativa. Para a realização deste estudo, escolheu-se o empreendimento Portal da Colina, situado no bairro de Forquilhas, município de São José, Estado de Santa Catarina (ver figura 3.2, no item 3.2.1, que trata das atividades preparatórias para esta pesquisa). A localização do referido loteamento no bairro Forquilhas foi apresentada na figura 3.3 e o *layout* do loteamento, na figura 3.4 (apresentada no item 3.2.4, que trata do relatório da pesquisa).

A escolha deste loteamento se deu devido à localização, já que o bairro Forquilhas tem apresentado acentuada dinâmica de desenvolvimento territorial e os impactos negativos estão visíveis, principalmente nas inundações a jusante, e são significativos.

O loteamento Portal da Colina não se enquadra como sustentável quanto ao ciclo hidrológico local. Por isto, será analisada a situação atual do loteamento e serão estudadas as medidas necessárias para fazer com que seja considerado como sustentável, segundo as normativas propostas nesta pesquisa.

Primeiramente, será apresentada uma descrição do loteamento Portal da Colina. Na sequência, serão vistas as necessidades que devem ser atendidas para que o loteamento se enquadre nas normativas propostas.

### 6.1 DESCRIÇÃO DO LOTEAMENTO PORTAL DA COLINA

O loteamento possui uma área total de implantação de 142.367,189 m<sup>2</sup>, divididos de acordo com o apresentado na tabela 6.1.

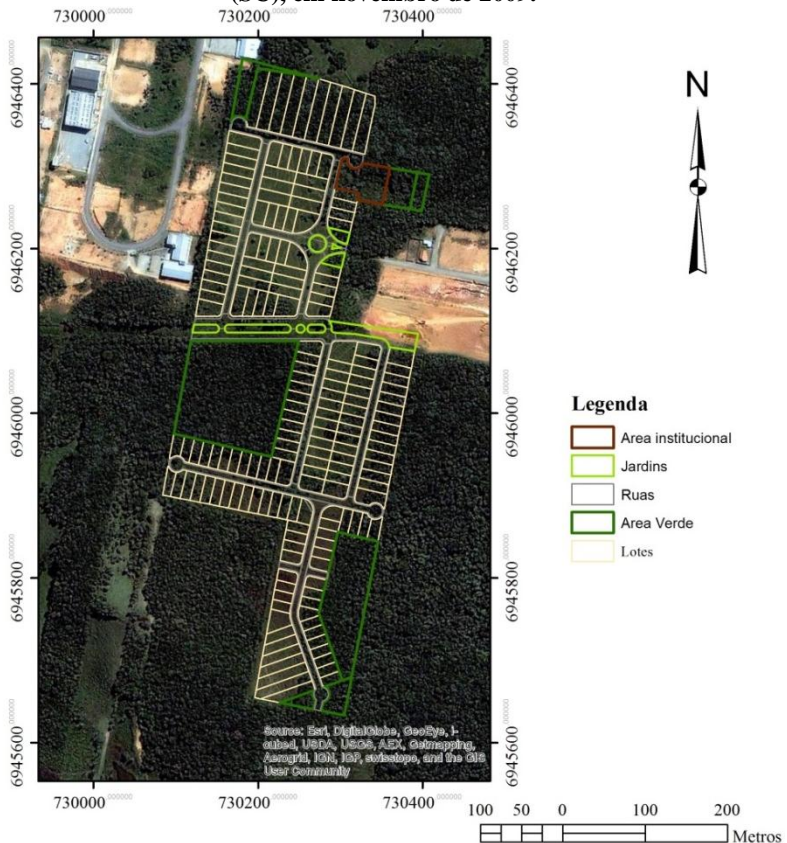
**Tabela 6.1 – Divisão da área do loteamento Portal da Colina, São José (SC).**

	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>% da área total</b>
<b>Área verde</b>	28 .931,07	20,3 2
<b>Área institucional</b>	2. 332,08	1,64
<b>Área de jardim</b>	3. 385,14	2,38
<b>Área das ruas</b>	22 .815,76	16,0 3
<b>Área dos lotes</b>	84 .903,14	59,6 4
<b>Área total</b>	42 .367,19	100

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Esta divisão foi ilustrada na figura 3.4 desta pesquisa. A figura 6.1, abaixo, apresenta o *layout* do loteamento com as mesmas divisões da figura 3.4, porém sobreposta a uma imagem do local de implantação de novembro de 2009, antes das intervenções de obra civil.

**Figura 6.1 – Área de implantação do loteamento Portal da Colina, São José (SC), em novembro de 2009.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Na figura 6.1, pode-se observar que as áreas verdes foram alocadas em locais onde já existia vegetação e as áreas de jardim estão dentro das faixas de domínio da rede de alta tensão que passa pelo loteamento.

A figura 6.2 (a) apresenta imagem de uma área verde e a figura 6.2 (b), imagem de uma área de jardim. As fotografias foram tiradas em setembro de 2013.

**Figura 6.2 – Imagens de área verde (a) e de área de jardim (b) do loteamento Portal da Colina em setembro de 2013.**



(a)



(b)

Fonte: Acervo do autor.

O loteamento foi implantado num solo predominantemente argiloso de cor vermelha, conforme pode ser observado na figura 6.3.



**Figura 6.3 – Imagens do solo predominante no loteamento Portal da Colina em setembro de 2013.**



Fonte: Acervo do autor.

As ruas do loteamento foram pavimentadas com *paver* de concreto sem as juntas tomadas, segundo pode ser visto também na figura 6.3.

## 6.2 ANÁLISE DAS EXIGÊNCIAS DAS NORMATIVAS

Neste item, são consideradas as exigências das normativas propostas para que o loteamento se enquadre como sustentável quanto ao ciclo hidrológico.

### 6.2.1 Área Verde

Para que o loteamento possa ser considerado como sustentável quanto ao ciclo hidrológico local, é necessário verificar se a quantidade de área verde atual do loteamento atende à exigência mínima de 25% da área total loteada.

A tabela 6.1 apresenta a divisão da área do loteamento Portal da Colina. Nessa imagem, pode-se observar que o loteamento apresenta 20,32% de área verde. Desta forma, para ser sustentável, o loteamento precisa ter mais 4,68%, de área verde, o que corresponde a 6.662,784 m<sup>2</sup>.

Buscando-se amenizar o impacto no número de lotes, primeiramente observaram-se quais áreas de jardim poderiam ser consideradas como área verde. As áreas identificadas como jardim 1, 2 e

4 (ver figura 6.4) poderão ser classificadas como área verde, mas será necessário que o empreendedor plante árvores nativas nessas áreas. A definição do tipo e da quantidade de árvores a ser plantada ficará a critério da Fundação Municipal do Meio Ambiente de São José, Estado de Santa Catarina.

**Figura 6.4 – Áreas de jardim convertidas em áreas verdes no loteamento Portal da Colina.**



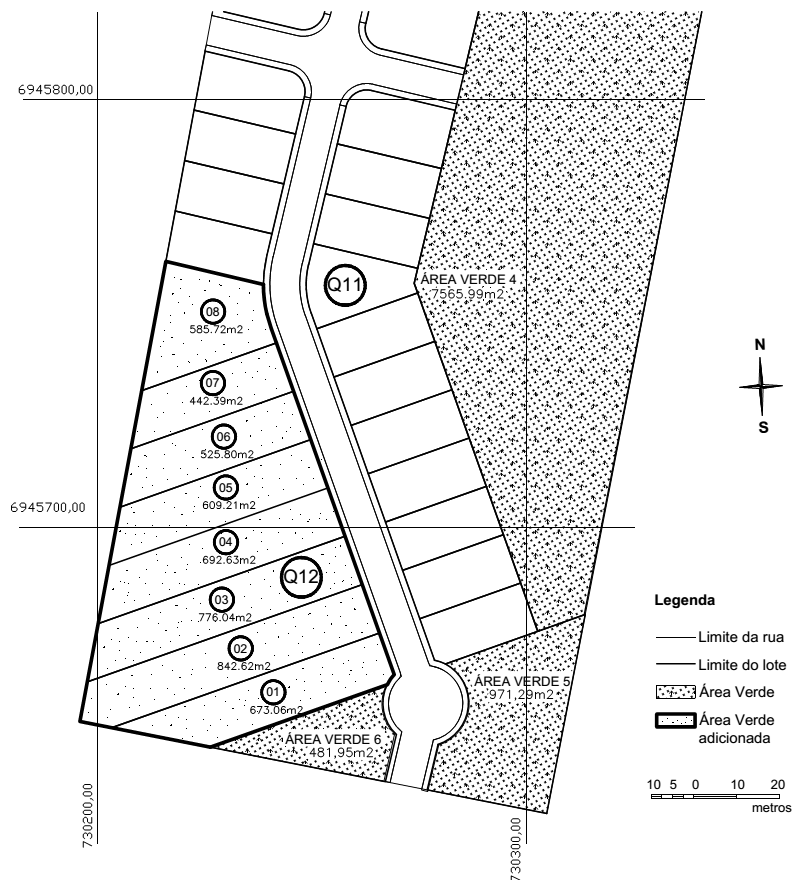
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Essas três áreas indicadas na figura 6.4 representam um total de 962,92 m<sup>2</sup>. Assim, fica faltando um total de 5.733,81 m<sup>2</sup> para se atingir os 25% de área verde.

A próxima sugestão de área que pode ser classificada como verde se refere a uma área que inicialmente apresentava forte inclinação, porém foi escavada para a implantação do loteamento. Desta forma, diminui-se o impacto ambiental através da redução do volume de escavação e desmatamento, bem como da atenuação da vazão de água pluvial, haja vista que será mantida a vegetação. Essa área está

representada na figura 6.5 como sendo os lotes de número 01 a 08 da quadra 12. A figura 6.6 apresenta esta área após a terraplanagem.

**Figura 6.5 – Parcelas do loteamento Portal da Colina (São José, SC) que podem ser convertidas em área verde.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

**Figura 6.6 – Área destinada a lotes que pode ser transformada em área verde, loteamento Portal da Colina, São José (SC).**

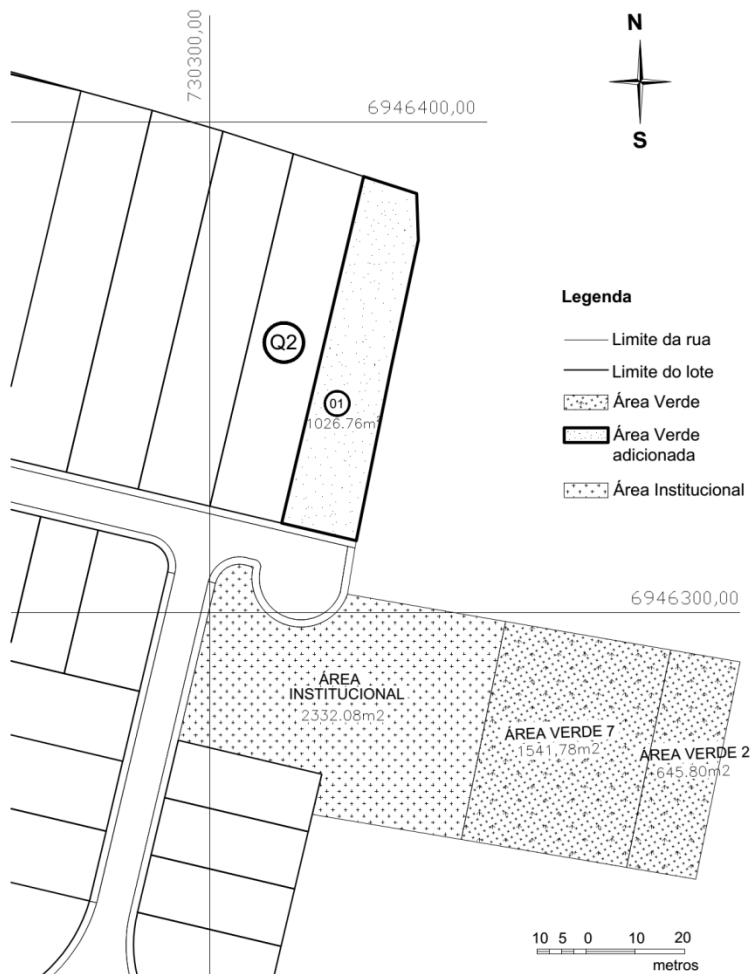


Fonte: Acervo do autor.

Com o acréscimo desta nova área verde, de 5.147,27 m<sup>2</sup>, tem-se um total de 35.005,26 m<sup>2</sup> de área verde, faltando somente 586,54 m<sup>2</sup> para atingir os 25% exigidos para o loteamento ser sustentável.

Em seguida, pode-se escolher entre tantos lotes que possuem uma área aproximada de 586,54 m<sup>2</sup>. No entanto, selecionou-se o lote 01 da quadra 2, apresentado na figura 6.7, porque este tem área antes da ocupação coberta com vegetação (árvores de médio porte). Além disto, o lote possui área de 1.026,76 m<sup>2</sup>, e o saldo de área pode ficar como área remanescente para ser usada na construção das bacias de retenção. De acordo com as curvas de nível do loteamento, apresentadas na figura 6.10, este lote é indicado para a execução da bacia de detenção, pois permite o escoamento natural para o lote, conforme apresentado no item 6.2.2, que trata da manutenção da vazão pluvial.

**Figura 6.7 – Lote 01 da quadra 02 que pode ser convertida em área verde, loteamento Portal da Colina.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Com a transformação do lote 01 da quadra 02 em área verde, tem-se um total de 36.032,02 m², correspondendo a 25,31%. Logo, tem-se uma área excedente de 440,22 m², a qual será destinada à execução de bacias de retenção, conforme apresentado no item 6.2.2.

### 6.2.2 Manutenção da vazão pluvial

Uma importante exigência para que o loteamento possa ser considerado como sustentável quanto ao ciclo hidrológico é a manutenção da vazão pluvial, isto é, a vazão antes da implantação do loteamento deverá ser a mesma após a implantação.

Para tanto, é necessário determinar a vazão antes e após a implantação. Neste caso, será usada a fórmula racional, mostrada na equação 6.1, adotada por Brasil (2006) e ABNT (1989).

#### Equação 6.1

$$Q = \frac{C.I.A}{1.000}$$

Em que:

Q: vazão de água pluvial (m<sup>3</sup>/h)

C: coeficiente de escoamento superficial (*run-off*).

I: intensidade de precipitação (mm/h)

A: área de contribuição (m<sup>2</sup>)

A intensidade de precipitação adotada é a recomendada pela ABNT (1989) para a cidade de Florianópolis, para uma duração de 5 min, conforme adotado também por Brasil (2006), e é de 120 mm/h.

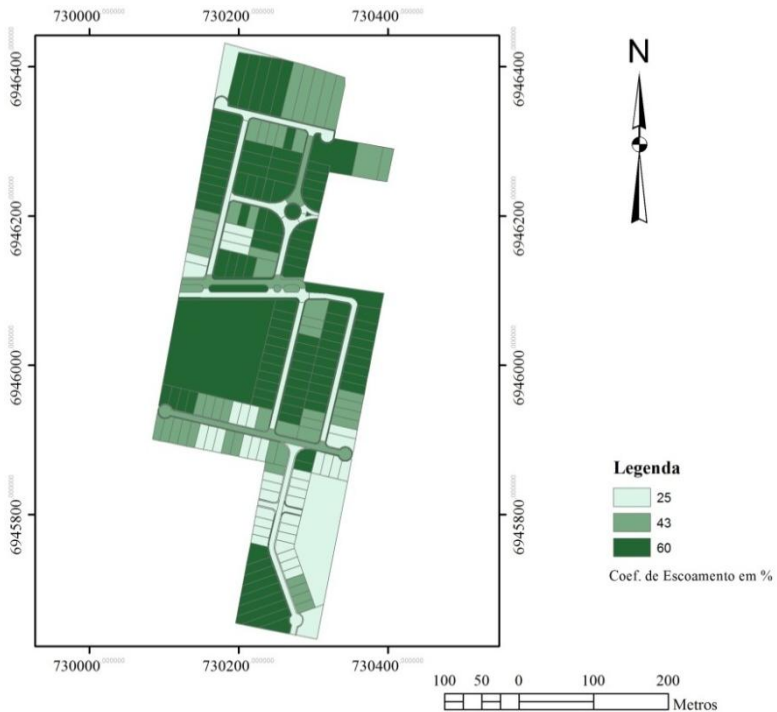
O coeficiente de infiltração foi definido para cada parcela do loteamento de acordo com a característica e a inclinação da superfície. A tabela 6.2 apresenta os valores dos coeficientes adotados que foram adaptados de Brasil (2006), e a figura 6.8 mostra um mapa temático com os valores dos coeficientes adotados.

**Tabela 6.2 – Coeficiente de escoamento para o método racional, conforme Brasil (2006).**

Tipo de cobertura / declive	Coeficiente de escoamento - C		
	Mínimo 0-5%	Médio 5-10%	Máximo >10%
Pavimento em <i>paver</i> de concreto	0,75	0,85	0,95
Solo argiloso sem vegetação	0,35	0,55	0,75
Solo argiloso com vegetação	0,25	0,43	0,60

Fonte: Adaptado de Brasil (2006).

**Figura 6.8 – Coeficiente de escoamento superficial do loteamento Portal da Colina antes da implantação.**

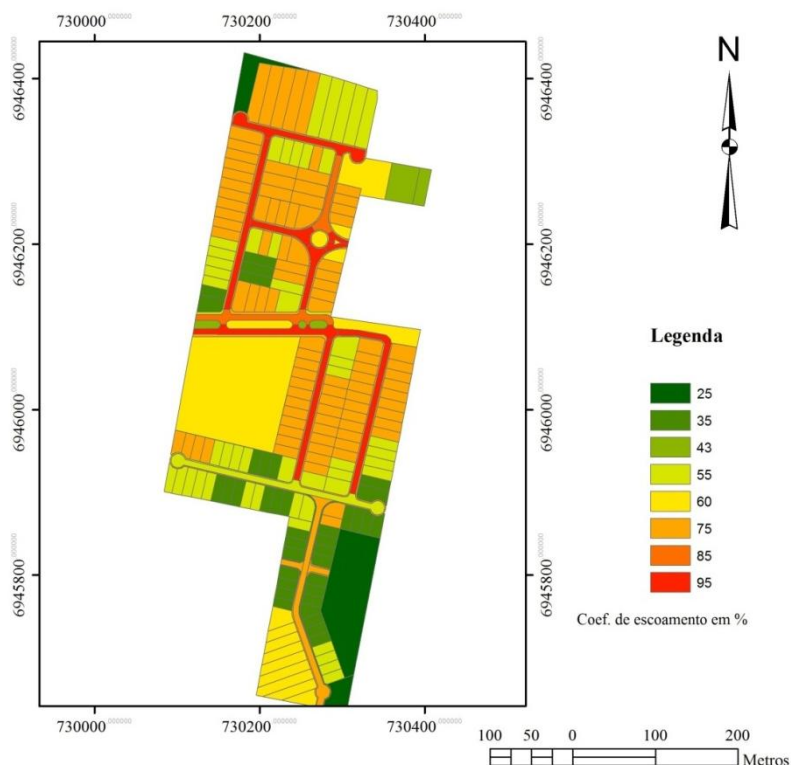


Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A aplicação da equação 6.1 com todas as parcelas do loteamento Portal da Colina resultou numa vazão de 8.092,65 m<sup>3</sup>/h antes da implantação.

Para determinar a vazão após a implantação do loteamento, adotou-se novos valores de coeficiente de escoamento para as áreas que foram alteradas pela terraplanagem. A figura 6.9 apresenta um mapa temático com os valores dos coeficientes adotados.

**Figura 6.9 – Coeficiente de escoamento superficial após a implantação do loteamento Portal da Colina após a implantação.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.



A aplicação da equação 6.1 com todas as parcelas do loteamento Portal da Colina resultou numa vazão de 10.544,93 m<sup>3</sup>/h após a implantação.

Desta forma, calculando-se a diferença entre a vazão antes e após a implantação do loteamento, chega-se a um acréscimo de 2.452,28 m<sup>3</sup>/h.

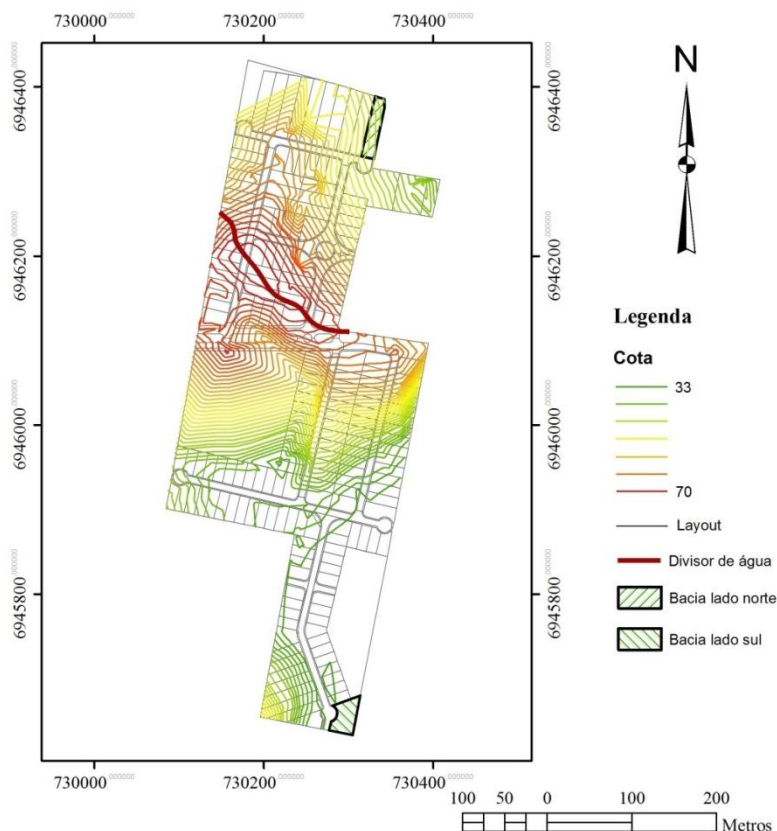
Depois de chegar a esse resultado, precisa-se observar a normativa para verificar qual a solução indicada para o tipo de solo no qual o loteamento foi implantado. No caso do loteamento em estudo, o solo é argiloso. Assim, de acordo com o sétimo artigo, parágrafo 3º, inciso I, da proposição de normativa: *“para evitar picos de vazão superiores à vazão máxima sucedida antes da implantação do loteamento, será(ão) projetado(s) reservatório(s) de detenção em área(s) de uso comum”*.

O cálculo do reservatório será apresentado no item seguinte.

### **6.2.3 Reservatório ou Bacia de Detenção**

Antes de calcular o volume necessário para o reservatório de detenção, é necessário analisar a curva de nível do loteamento para verificar o local de execução do reservatório ou bacia de detenção. A figura 6.10 apresenta as curvas de níveis do loteamento Portal da Colina.

**Figura 6.10 – Curvas de nível e localização das áreas para execução das bacias ou reservatórios de detenção no loteamento Portal da Colina.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Por meio da figura 6.10, pode-se observar que, aproximadamente na coordenada 730200-6946200, ocorre o ponto mais alto do loteamento, ou seja, há um divisor de água passando por este ponto. Logo, serão necessários dois reservatórios de detenção para que a água pluvial chegue até eles sem o auxílio de bombas.

Por este motivo, escolheram-se os locais com cotas menores para a implantação de tais reservatórios, um para cada lado do divisor de água. No lado Norte do divisor de água, foi selecionado o lote 01 da quadra 02, que foi transformado em área verde, em detrimento da área

verde 2 (figura 6.7), devido a esta última não ter acesso direto para a construção do reservatório e manutenção. No lado Sul do divisor de água, optou-se pela área verde 5 (figura 6.5), conforme representado na figura 6.10.

O passo seguinte foi determinar o volume dos reservatórios. Inicialmente foram definidos os acréscimos de vazões de água pluvial representativos de cada lado do divisor de água. Assim, verificou-se as parcelas que estavam em cada lado do divisor de água e calculou-se a vazão para cada lado antes e depois da implantação do loteamento, conforme a equação 6.1. As parcelas cortadas pelo divisor de água foram divididas, e foi calculada a contribuição para os respectivos lados de acordo com a área de contribuição. O resultado pode ser observado na tabela 6.3.

**Tabela 6.3 – Distribuição da vazão de água pluvial para os lados Norte e Sul do divisor de água do loteamento Portal da Colina.**

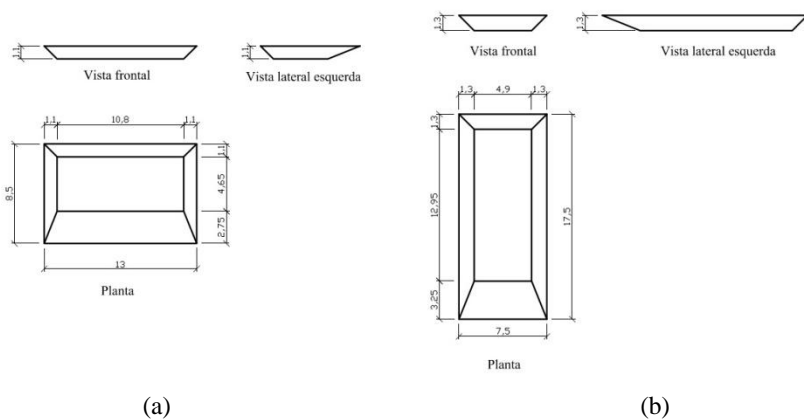
Lados	Área	Vazão de água pluvial [m <sup>3</sup> /h]		
	(m <sup>2</sup> )	Pré-implantação	Pós-implantação	Acréscimo
Norte	46.586,56	2.803,51	3.826,89	1.023,38
Sul	95.780,63	5.289,14	6.718,04	1.428,90
<b>Total</b>	<b>142.367,19</b>	<b>8.092,65</b>	<b>10.544,93</b>	<b>2.452,28</b>

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Uma vez definida a vazão com que cada lado do divisor de água contribui, pode-se determinar o volume do reservatório. Para tanto, em projeto considerou-se um tempo de duração de chuva máximo de 5 min (ABNT, 1989; AZEVEDO NETTO; ARAÚJO, 1998). Dessa forma, chegou-se a um volume do reservatório do lado norte de 85,28 m<sup>3</sup> e do lado sul de 119,08 m<sup>3</sup>.

Para as duas situações, de acordo com o artigo sétimo, parágrafo 3º, inciso II da proposição de normativa, pode-se optar por executar uma bacia de detenção em detrimento do reservatório. Assim, propõe-se que as bacias sejam revestidas com grama para que, nos períodos de seca, as áreas possam ser usadas para recreação. Com esse objetivo, as geometrias das bacias devem ter uma das laterais com inclinação menor que as demais para permitir o fácil acesso das pessoas, conforme ilustrado na figura 6.11.

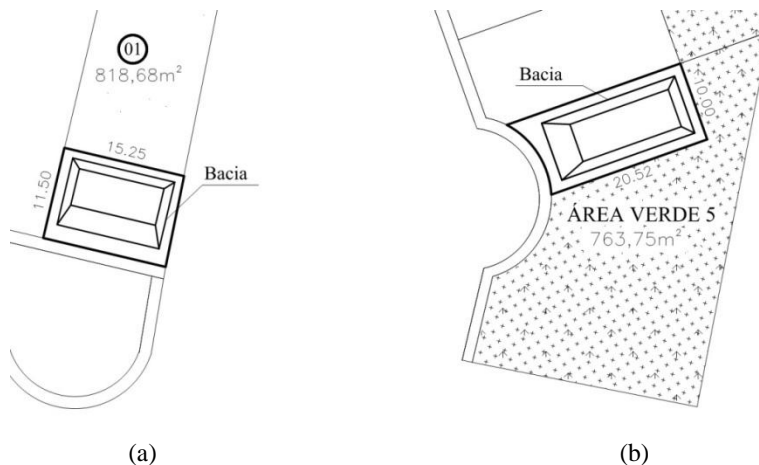
**Figura 6.11 – Vistas das bacias de retenção do lado Norte (a) e Sul (b) do divisor de água do loteamento Portal da Colina.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Os volumes adotados para as bacias de retenção dos lados Norte e Sul foram de 86,81 m<sup>3</sup> e 124,00 m<sup>3</sup> respectivamente, e as áreas de intervenção para instalação foram definidas em 177,59 m<sup>2</sup> (Norte) e 207,54 m<sup>2</sup> (Sul). A figura 6.12 apresenta o *layout* das bacias e as respectivas áreas para construção.

**Figura 6.12 – Áreas para a implantação das bacias de detenção dos lados Norte (a) e Sul (b) do loteamento Portal da Colina.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

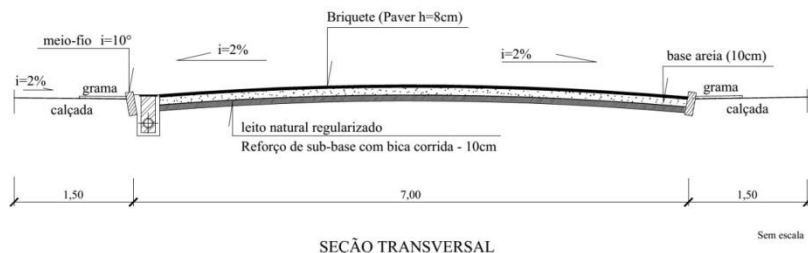
Das áreas informadas na figura 6.12, foram descontadas as áreas usadas para a implantação das bacias.

Portanto, seguindo essa proposta, cumpre-se mais um requisito para que o loteamento Portal da Colina possa ser considerado sustentável quanto ao ciclo hidrológico local.

## 6.2.4 Calçadas Verdes

De acordo com o artigo sétimo, parágrafo 3º, inciso III da proposição de normativa de loteamento sustentável, é necessário que sejam construídas calçadas verdes no loteamento Portal da Colina (São José, Estado de Santa Catarina), devido ao solo argiloso do local.

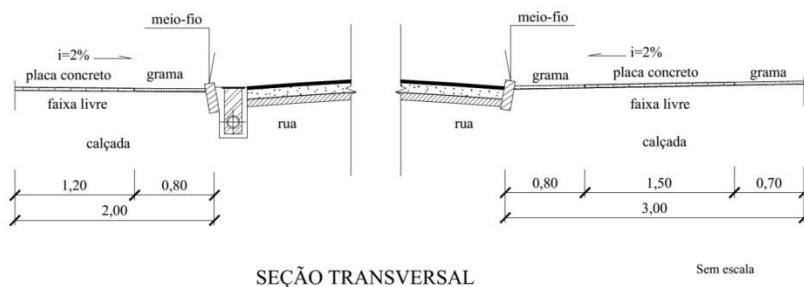
O projeto do loteamento Portal da Colina prevê uma calçada com uma faixa de grama, de acordo com o ilustrado na figura 6.13. A largura prevista da calçada-padrão é de 1,50 m, e tal calçada está prevista somente ao longo da Avenida das Torres, que tem aproximadamente 160,00 m de rua com uma calçada de 3,00 m de largura.

**Figura 6.13 – Seção transversal das vias do loteamento Portal da Colina.**

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Para que a calçada do loteamento Portal da Colina se enquadre nas exigências da proposição de normativa de loteamento sustentável, é necessário que a faixa de grama tenha largura de 0,75 m. Além disso, uma calçada precisa também ter faixa livre mínima de 1,20 m, construída com pavimentação antiderrapante (ABNT, 2004). Desta forma, as calçadas apresentadas na figura 6.13 não atendem às exigências. É necessário um acréscimo mínimo na largura de 0,45 m.

Por este motivo, propõe-se uma alteração na largura da calçada para 2,00 m, conforme ilustrado na figura 6.14. Para as calçadas com largura prevista de 3,00 m, a proposta vislumbra duas faixas com grama.

**Figura 6.14 – Nova seção transversal das calçadas do loteamento Portal da Colina.**

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Para a faixa livre (faixa de circulação de pedestre/cadeirante) apresentada na figura 6.14, é prevista a execução com placas de concreto drenante. Uma sugestão de placa está ilustrada na figura 6.15.

**Figura 6.15 – Placa de concreto drenante: (a) aplicação em calçada e (b) placa drenante.**



(a)



(b)

Fontes: (a) Marchioni e Silva (2011) e (b) Maski pré-fabricados:  
<http://www.maski.com.br>.

A alteração da largura da calçada implica uma redução de 0,50 m na profundidade dos lotes. Por causa dessa redução, verificou-se se algum lote ficaria com a área menor do que a mínima permitida para a área de implantação. Analisou-se o Plano Diretor Municipal de São José, Estado de Santa Catarina (Lei nº 1.605, de 1985, e suas alterações) e concluiu-se que o lote mínimo é de 250,00 m<sup>2</sup>. No loteamento Portal da Colina, o menor lote é o número 09 da quadra 12, que possui 276,97 m<sup>2</sup> de área e frente de 12,00 m. Com a redução, a área total do lote ficou com 270,97 m<sup>2</sup>, atendendo ao mínimo exigido pelo Plano Diretor. O novo quadro de área do loteamento ficou conforme apresentado na tabela 6.4.

**Tabela 6.4 – Divisão final da área do loteamento Portal da Colina, São José (SC), após implantação das calçadas verdes.**

Áreas	Situação inicial		Situação final	
	Área (m <sup>2</sup> )	% do total	Área (m <sup>2</sup> )	% do total
Verde	28.931,07	20,32	35.591,80	25,00
Institucional	2.332,08	1,64	2.295,73	1,61
De jardim	3.385,14	2,38	2.807,35	1,97
De ruas	22.815,76	16,03	23.909,03	16,79
Dos lotes	84.903,14	59,64	77.763,28	54,62
Total	142.367,19	100,00	142.367,19	100,00

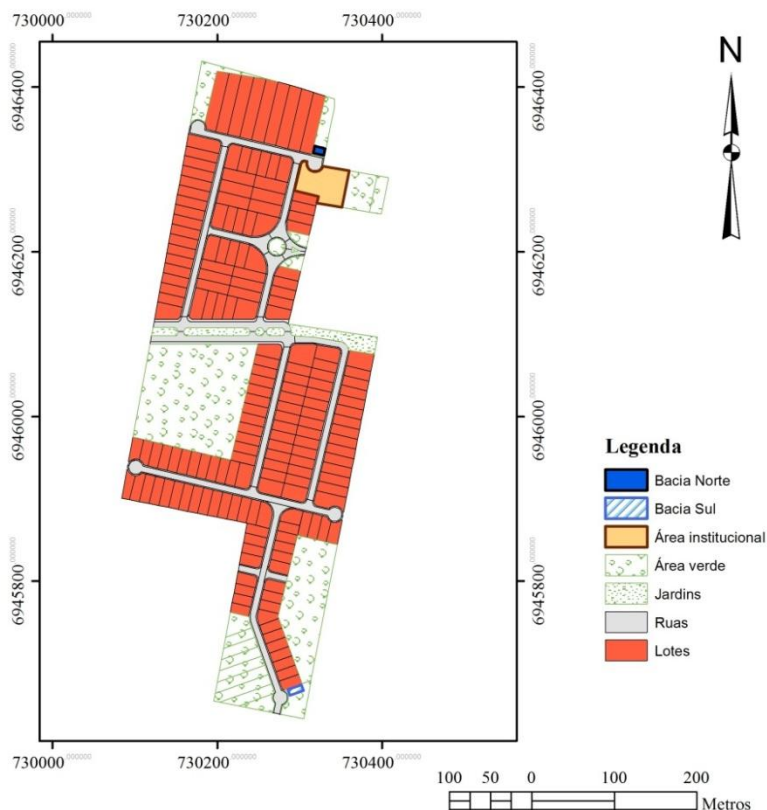
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Na tabela 6.4, pode-se observar que o valor da área verde final é inferior ao valor determinado no item 6.2.1 desta pesquisa (36.032,02 m<sup>2</sup>, que correspondem a 25,31% da área total). Este fato se deve ao uso de parte da área para a construção das bacias. Além disto, uma faixa de 0,50 m das áreas verdes que confrontava com a rua também foi cedida para a implantação da calçada verde. Assim, teve-se uma redução da área verde para 35.530,30 m<sup>2</sup> ou 24,96% da área total do loteamento. Foram precisos mais 61,50 m<sup>2</sup> de área verde para atingir os 25% da área total estabelecidos na normativa proposta. Tais áreas foram retiradas dos dois lotes confrontes com as áreas de implantação das bacias.

Dessa forma, a divisão final do loteamento Portal da Colina apresentada na tabela 6.4 pode ser observada na figura 6.16.



**Figura 6.16 – Layout final do loteamento Portal da Colina.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Portanto, com essa sugestão satisfaz-se mais um requisito para que o loteamento possa ser considerado sustentável quanto ao ciclo hidrológico local.

## 6.2.5 Cadastro do Loteamento Portal da Colina

Para esta etapa do estudo de caso usou-se o programa ArcMap 10.1, da empresa Esri ([www.esri.com](http://www.esri.com)).

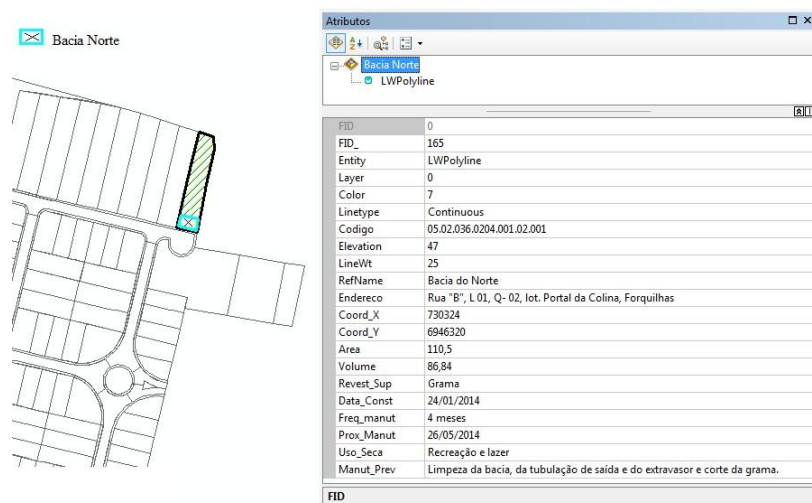
Algumas imagens apresentadas anteriormente, tais como as figuras de 6.8 a 6.10, foram obtidas através do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) do loteamento Portal da Colina.

Para se chegar a tais imagens, foi necessário inicialmente construir a base parcelar do loteamento. Primeiramente, utilizou-se o arquivo do projeto urbanístico do loteamento e fez-se o georreferenciamento com o auxílio do programa AutoCAD. Na sequência, lotes, ruas, calçadas, áreas verde e institucional foram redesenhados como polígonos fechados. Para finalizar, cada tipo de parcela foi salvo em arquivos distintos e importados para o ArcMap. O resultado pode ser visto na figura 6.1.

Com a base parcelar definida, foi possível adicionar as informações às parcelas de forma a obter os mapas temáticos, como os apresentados nas figuras 6.8 e 6.9.

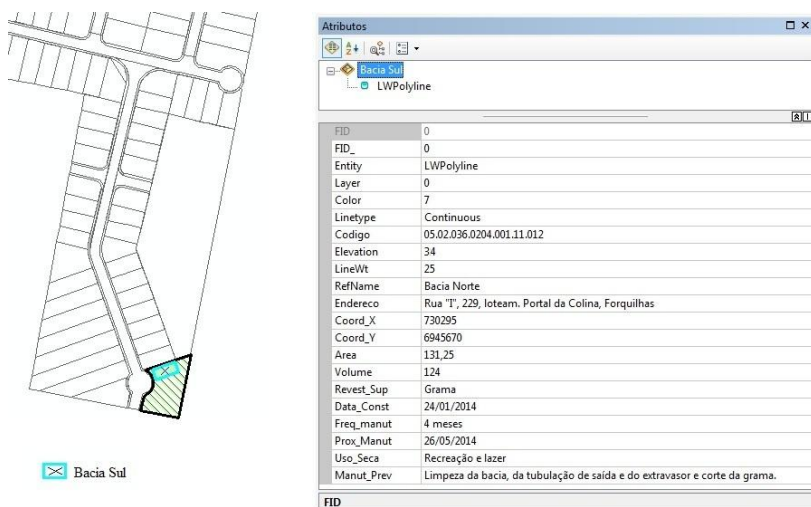
O passo seguinte foi cadastrar as duas bacias de detenção. Essas foram locadas nas respectivas parcelas e foram adicionados os atributos de acordo com as exigências da proposição de normativa (artigo 15, inciso II). O resultado pode ser observado nas figuras 6.17 e 6.18.

**Figura 6.17 – Atributos da bacia de detenção do lado Norte do divisor de água do loteamento Portal da Colina.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

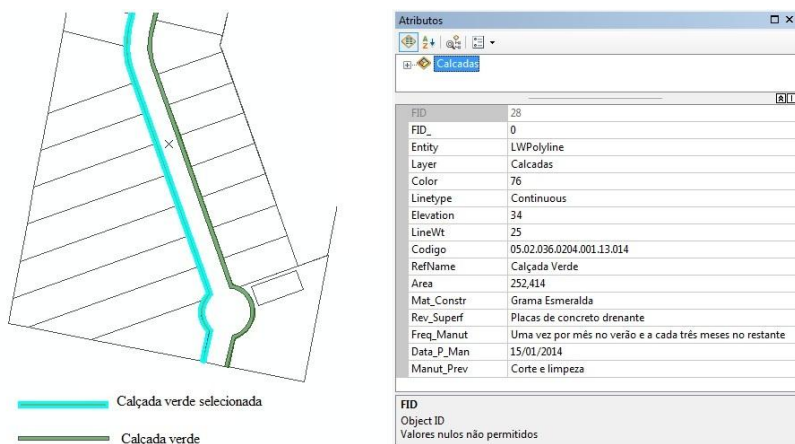
**Figura 6.18 – Atributos da bacia de detenção do lado Sul do divisor de água do loteamento Portal da Colina.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

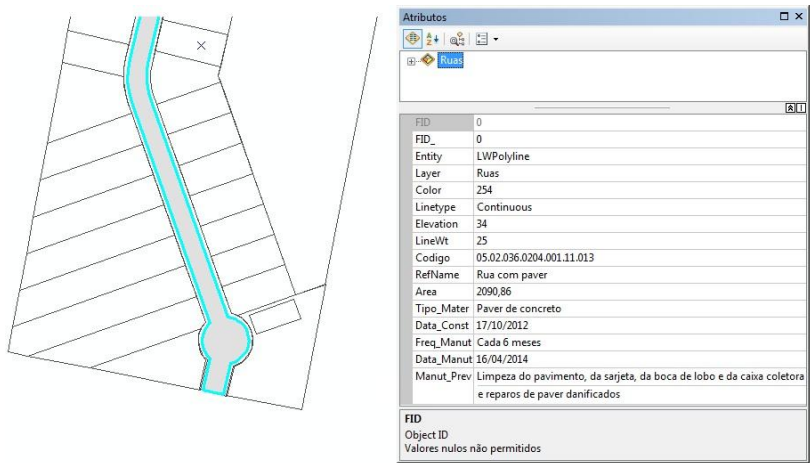
Por fim, adicionou-se os demais atributos às respectivas parcelas, conforme apresentado nas figuras de 6.19 a 6.21, para cada tipo de parcela.

**Figura 6.19 – Atributos das calçadas verdes do loteamento Portal da Colina.**



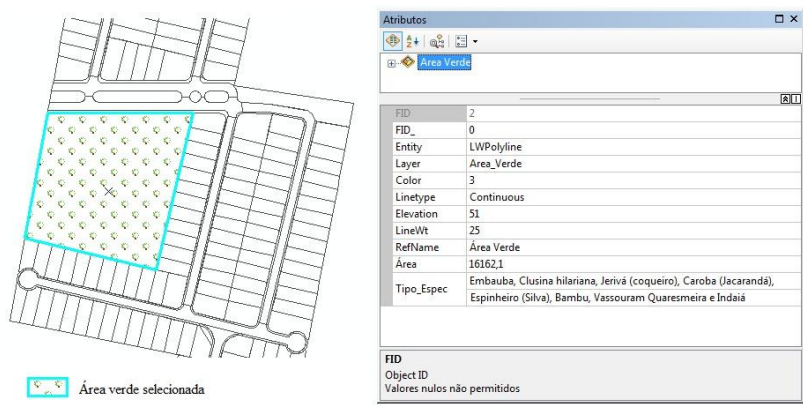
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Figura 6.20 – Atributos das ruas do loteamento Portal da Colina.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Figura 6.21 – Atributos da área verde do loteamento Portal da Colina.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

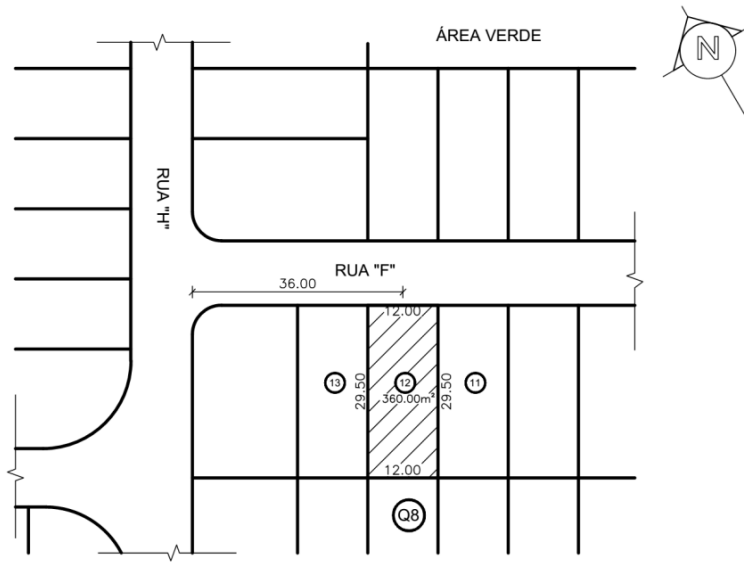
6.3 ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIA

Concluída a etapa de entrega do loteamento, os proprietários das parcelas (lotes) podem solicitar o alvará de construção. Para tanto, o proprietário do lote deverá apresentar o projeto para análise do

departamento responsável da prefeitura municipal e precisará atender às exigências da proposta de normativa quanto à área mínima de infiltração e à construção de reservatório de detenção ou retenção.

Para esse estudo de caso, selecionou-se um terreno do loteamento que tivesse as dimensões mais usuais. O lote escolhido foi o de número 12 da quadra 08. A figura 6.22 apresenta a planta de locação da parcela escolhida.

**Figura 6.22 – Planta de situação do lote 12 da quadra 08 do loteamento Portal da Colina.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Por meio da figura 6.22, observa-se que o lote escolhido possui dimensões de 12,00 m de frente e 29,50 m de profundidade. A dimensão inicial do lote era de 30,00 m de profundidade. Esta foi reduzida para atender à largura da calçada de 2,00 m, conforme visto no item 6.2.4, que trata das calçadas verdes.

Para verificar as exigências da proposta de normativa, desenvolveu-se projeto de uma residência com 214,67 m² de área total construída, com dois pavimentos, três dormitórios, sendo uma suíte, duas garagens, sala, cozinha, banheiro e área de serviço. Além disso, para mostrar que as restrições da proposta de normativa não impedem o proprietário da parcela de ter ambientes que atendam às suas necessidades, adicionou-se um espaço na frente da residência identificado como escritório e no fundo um depósito (figura 6.23 (a)). Ambas as áreas podem ser aproveitadas para outros fins.

A figura 6.23 apresenta a planta dos pavimentos térreo/superior da residência e a figura 6.24, imagens externas da casa.

**Figura 6.23 - Planta do pavimento térreo (a) e do superior (b).**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

**Figura 6.24 – Vista externa da lateral direita (a) e esquerda (b).**



(a)



(b)

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A seguir, são discutidas as exigências da proposição de normativa para o lote apresentado: área mínima de infiltração e reservatório de retenção ou detenção.

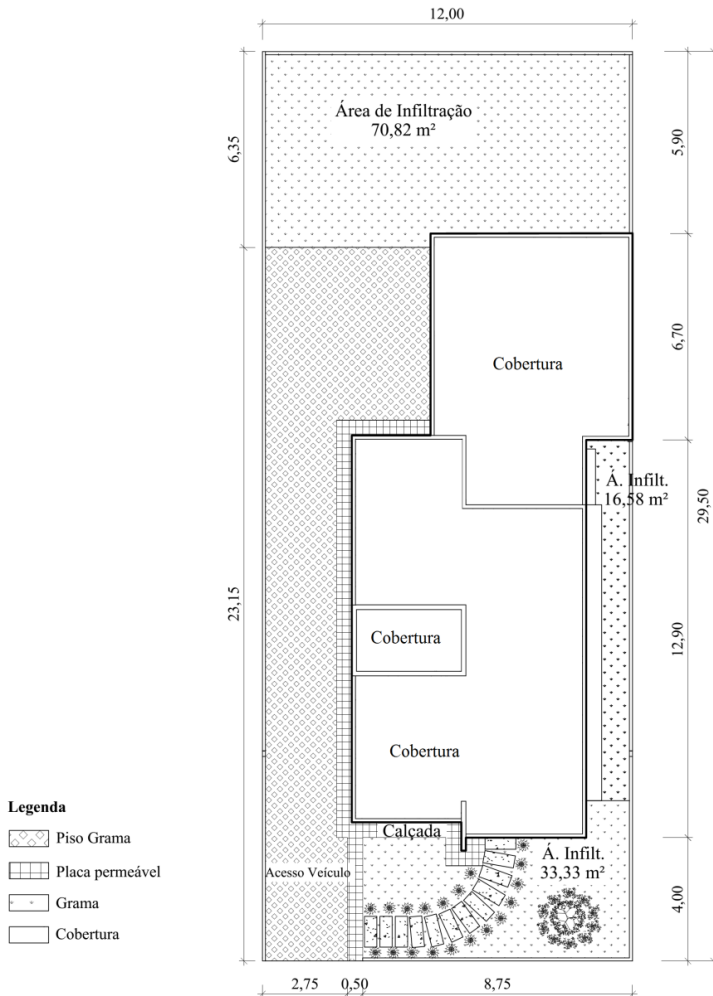
### **6.3.1 Área Mínima de Infiltração**

De acordo com as exigências da proposição de normativa, “*Art. 3º - Cada lote deverá deixar no mínimo 25% de sua área como área de infiltração*”.



O terreno em estudo possui dimensões de 12,00 x 29,50 m, conforme figura 6.25, o que corresponde a uma área de 354,00 m<sup>2</sup>. Desta forma, é necessário deixar no lote uma área de 88,50 m<sup>2</sup> para infiltração de água no solo.

**Figura 6.25 – Planta de locação/cobertura.**



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Por meio da figura 6.25, pode-se observar que a área total de infiltração deixada no lote é de 120,73, m<sup>2</sup>. Este valor é superior ao mínimo exigido pela proposição de normativa de loteamento sustentável quanto ao ciclo hidrológico.

Caso o proprietário do imóvel resolva ampliar a área construída, por exemplo, criar no fundo do terreno uma área de lazer, poderá fazer uso da área de circulação de veículos como área de infiltração. Para tanto, esta área deverá ser revestida com material drenante, como piso-grama, conforme ilustrado na figura 6.25.

Portanto, com esta sugestão, atende-se o artigo terceiro da proposição de normativa de loteamento sustentável quanto ao ciclo hidrológico local.

### 6.3.2 Reservatório de Detenção ou Retenção

*Art. 1º - De acordo com a proposição de normativa para loteamento sustentável quanto ao ciclo hidrológico: “Art. 7º - Será obrigatória a implantação de reservatórios de detenção ou retenção em cada lote (parcela) quando for realizada alguma construção no lote”.*

Assim, será adicionado ao projeto um reservatório de retenção, e a água acumulada poderá ser reaproveitada para usos não potáveis, tais como: descarga de vaso sanitário, irrigação de jardins, lavação de carros, etc.

Quanto ao dimensionamento do reservatório de retenção, a proposição normativa deixa, em seu artigo oitavo, a cargo do departamento municipal responsável a definição do método de dimensionamento. Nesse estudo de caso, serão adotadas as recomendações da Norma Brasileira Regulamentadora 10844, a NBR 10844 (ABNT, 1989) para o cálculo da vazão de água pluvial. O volume de água retido será o correspondente para um tempo de 5 min de chuvas. Foi utilizada a equação 6.3 para o cálculo da vazão de água pluvial.

#### Equação 6.3

$$Q = \frac{I.A}{60}$$

Em que:

Q: vazão de água pluvial (ℓ/min).

A: área de contribuição (m²).

I: intensidade de precipitação (mm/h).

A área de contribuição considerada para o cálculo da vazão de água foi de 158,87 m². Este valor é a soma de 10,03 m² de área devido à construção da torre da caixa d'água com 148,84 m² da projeção da construção, incluindo-se beirados.

O valor da intensidade de precipitação considerado foi de 120 mm/h, o mesmo usado para o dimensionamento da bacia de retenção.

Portanto, aplicando-se os valores da área de contribuição e da intensidade de precipitação na equação 6.2, chega-se a uma vazão de 317,74 ℓ/min. Isto implica um volume de 1.588,70 L para um tempo de 5 min.

Para ter uma reserva maior do que a mínima, optou-se por adotar um reservatório de retenção de 2.000 litros. O reservatório é de fibra, mesmo material usado nas caixas d'água.

Dessa forma, atende-se ao artigo oitavo da proposição de normativa de loteamento sustentável quanto ao ciclo hidrológico local. Para finalizar este trabalho, será necessário somente detalhar o projeto do reservatório juntamente com o projeto da residência e enviá-lo com os demais documentos à prefeitura para solicitação do alvará de construção.

### **6.3.3 Conclusões do Estudo de Caso**

Levando-se em consideração os resultados da aplicação do estudo de caso, pode-se concluir que foi atendido o objetivo geral - constatar se as proposições sugeridas na normativa são aplicáveis na prática.

Além disto, observou-se que, no loteamento Portal da Colina, a maior dificuldade encontrada foi a necessidade de implantar 25% de área verde.

Para tanto, o empreendedor do loteamento precisa diminuir a quantidade de lotes do empreendimento. Quando se fala em redução do número de lotes, a primeira impressão que se tem é de que haverá um baixo retorno financeiro ao empreendedor. No entanto, segundo Takaoka (2011), nos condomínios residenciais Gênesis I, com 150

hectares, e Gênesis II, com 200 hectares, ambos no Estado de São Paulo, deixaram-se pouco mais de 70% da área total dos condomínios como área verde e o retorno aos empreendedores foi satisfatório.

Foram facilmente atendidas as exigências feitas aos proprietários das parcelas de deixar 25% de área de infiltração e de construir um reservatório de detenção ou retenção

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para uma maior clareza, dividiu-se este item em dois subitens: o primeiro apresenta as conclusões do trabalho quanto à pergunta norteadora da pesquisa e mostra o atendimento aos objetivos propostos inicialmente; o segundo dá sugestões de trabalhos futuros sobre o tema da pesquisa.

### 7.1 CONCLUSÕES

Conforme apresentado no decorrer da pesquisa, bibliografias científicas reforçam que tanto no Brasil quanto em outros países há um aumento significativo nas ocorrências de inundações em áreas urbanas. Pode-se verificar que o principal motivo deste aumento se pauta na reação do meio ambiente ao efeito da ação antrópica, gerada principalmente pela impermeabilização do solo devido à implantação de loteamentos.

Diante do exposto, buscando-se dirimir as consequências da implantação de um loteamento, esta pesquisa propôs trabalhar com o conceito de Loteamento Sustentável (LS); definir e ordenar os elementos de controle de LS para atingir a sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local e também estabelecer um método para a gestão desses elementos através do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM).

Para atingir esses objetivos gerais, foram delineados cinco objetivos específicos, os quais são reproduzidos a seguir, juntamente com os respectivos resultados.

1. Determinar os principais elementos de controle para a implantação de loteamentos e condomínios residenciais que visam à sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico local.

O referencial teórico explorado na investigação norteou reflexões e avaliações sobre os elementos de controle para a implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico local, concedendo ao pesquisador um suporte teórico para a definição dos seguintes itens como elementos de controle de LS: área impermeável, área mínima de infiltração, reservatórios de detenção ou retenção, bacias de detenção ou retenção, valas ou poços de infiltração, calçadas verdes, pavimento permeável, canal com pedregulho/vegetação e área verde.

2. Definir o grau de importância dos elementos de controle.

Nesse caso, usou-se o método Delphi integrado à análise multicritério-multiatributo. Os elementos foram ordenados de acordo com a classificação do solo no qual o loteamento será implantado. O resultado obtido pode ser observado na tabela 4.13, do item 4.6, que trata da Sistematização dos resultados obtidos após a aplicação do método Delphi.

Os elementos área impermeável, área mínima de infiltração e área verde não foram listados na tabela 4.14 porque receberam tratamento diferenciado devido às suas características. Os resultados são apresentados a seguir.

a) área impermeável: este elemento será gerenciado através da taxa de impermeabilização de cada parcela. Seu valor deverá ser informado ao departamento municipal responsável pelo cadastro territorial quando da solicitação do alvará de construção. O limite desse elemento foi indiretamente determinado pela área mínima de infiltração e pode chegar a 75% da área total da parcela, porém é necessária a realização de uma compensação pela impermeabilização do solo.

b) área mínima de infiltração: com o auxílio do método Delphi, a pesquisa concluiu que, para um loteamento ser considerado sustentável, é preciso deixar 25% da área do lote como área permeável. Conforme já foi discutido, isso implicará uma redução de 25% do escoamento superficial, um aumento de 5% da evapotranspiração, um ganho de 10% de infiltração superficial e um incremento de 10% de infiltração profunda, quando comparados com a situação em que não há exigência quanto à taxa mínima de área permeável.

Além disto, o requisito de 25% de área permeável não implicará em limitações na taxa de ocupação dos lotes na maioria das cidades pesquisadas, haja vista que, nas simulações apresentadas nesta pesquisa, ficou evidente que em terrenos pequenos e normais com uma taxa de ocupação de até 60% é possível alcançar o índice de 25% de área permeável. Desta forma, várias cidades pesquisadas em diversos países não teriam que reduzir a taxa de ocupação, podendo manter ou até mesmo aumentar o limite permitido, como é o caso das cidades de Curitiba (Brasil), Vancouver (Canadá) e Cascais/Sintra (Portugal), as quais possuem uma taxa de ocupação máxima de 50%, 45% e 50% respectivamente.

Contudo, a obrigatoriedade de 25% de área permeável nos lotes em loteamentos sustentáveis não desonera o proprietário da parcela na execução das retenções necessárias, para que a vazão de água pluvial a jusante não aumente em relação ao valor preexistente à construção da

residência. Tais retenções devem ser realizadas como forma de compensar as áreas que foram impermeabilizadas no lote, de modo a não aumentar a quantidade de água pluvial a jusante da bacia hidrográfica na qual está inserido o lote (loteamento).

c) área verde: com o auxílio do método Delphi, definiu-se um percentual mínimo de área verde para que o loteamento seja considerado como sustentável. O resultado é a necessidade de se deixar 25% da área total do empreendimento como área verde.

3. Determinar os atributos necessários para o cadastro desses elementos no CTM.

Para a definição dos atributos necessários para o cadastro dos elementos de controle de LS no CTM, usou-se também o método Delphi integrado à análise multicritério-multiatributo. O resultado obtido pode ser observado na tabela 4.13, do item 4.6, que trata da Sistematização dos resultados obtidos após a aplicação do método Delphi.

4. Definir um método baseado nos preceitos de CTM para que a caracterização do território seja suficiente para a gestão dos elementos de controle a serem atendidos pelos loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico.

O resultado do cumprimento desse objetivo pode ser visto no item 5.1, no qual se apresentou a proposta de gerenciamento dos elementos de controle a partir do CTM. Neste item, mostrou-se que o CTM atualizado é a ferramenta com a qual a prefeitura poderá fazer as devidas análises para embasar o processo de planejamento e gestão das águas pluviais dos loteamentos sustentáveis por meio dos elementos de controle.

A geração de novos mapas temáticos baseados nas informações existentes na base de dados da cartografia cadastral do CTM constitui uma importante fonte de dados e informações para o gestor (LOCH; ERBA, 2007). Com isto, pode-se, por exemplo, realizar análises temporais da ocupação ao longo dos anos através de arquivos gráficos e as respectivas tabelas, facilitando a identificação de problemas atuais e as proposições de projetos futuros. Como exemplo, podem-se citar os mapas temáticos que informam os volumes de retenções das parcelas, através dos quais é possível identificar facilmente os lotes com os maiores reservatórios.

Uma vez mantido atualizado, este banco de dados gráfico e alfanumérico que compõe o CTM torna-se uma ferramenta legítima e uma importante base legal para que, efetivamente, os gestores municipais e de órgãos ambientais consigam definir diretrizes,

objetivos, direcionamento de projetos e recursos financeiros, sempre visando à conservação do meio ambiente.

Com tais informações, é possível, por exemplo, criar um imposto relacionado à taxa de impermeabilização, cujo índice pode ser obtido por meio do produto de uma constante com a taxa de impermeabilização do solo da parcela territorial.

No entanto, para o sucesso da implementação do processo de gestão das águas pluviais proposto, é necessária a definição de uma normativa técnico-administrativa para projetos e implantações de LS. Esta normativa foi o quinto objetivo específico da pesquisa, conforme segue.

5. Propor a implantação dos conhecimentos adquiridos nos itens anteriores através de normativas técnico-administrativas para projetos e implantações de loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico que tenham como premissa o CTM.

Para que seja implantado o método proposto de gerenciamento dos elementos de controle a ser atendidos pelos LS quanto ao ciclo hidrológico, é preciso criar uma legislação específica municipal, de modo que essa subsidie legalmente a adoção do loteamento sustentável pela prefeitura. Assim, a prefeitura terá o respaldo legal para adotar procedimentos técnicos de implantação, monitoramento e gestão das águas pluviais em LS, sob a ótica do CTM.

Para tanto, foi feita uma proposição de normativa a ser inserida na legislação municipal, da qual se destacam as seguintes exigências:

- a) O empreendedor de um LS deve fazer a análise do ciclo hidrológico da bacia hidrográfica na qual o loteamento está inserido.
- b) O empreendedor deve apresentar meios de compensação, de acordo com o tipo de solo, para que o LS não aumente o volume de água escoada a jusante.
- c) O empreendedor deve apresentar o mapeamento cadastral das parcelas territoriais do LS com os seguintes dados, no mínimo: código unívoco de identificação da parcela, área total da parcela territorial, taxa de impermeabilização e georreferenciamento vinculado ao SGB.
- d) Ao solicitar o alvará para construção do LS, o empreendedor deve seguir literalmente a Diretriz 511, de 2009, do Ministério das Cidades.
- e) Os proprietários das parcelas territoriais devem apresentar a taxa de impermeabilização e o volume de retenção necessário



quando da solicitação do alvará de construção para cada parcela ou para um conjunto de parcelas territoriais.

- f) Cada lote deve ter no mínimo 25% de sua área como área de infiltração.
- g) O loteamento deve disponibilizar uma área verde mínima equivalente a 25% da área total.

Finalmente, pode-se perceber que os objetivos propostos na pesquisa foram atendidos.

## 7.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa não tem a pretensão de esgotar o tema “loteamento sustentável”.

Por isto, é importante destacar algumas sugestões de trabalhos futuros que podem aperfeiçoar o desenvolvimento dos LS:

- a) Análise do impacto provocado na rede de drenagem, elétrica, telefônica e nas malhas urbanas nas quais o loteamento fará as respectivas ligações.
- b) Análise do problema de erosão devido à terraplanagem do loteamento.
- c) Análise da proposição de normativa para aplicação em loteamentos comerciais e industriais.
- d) Implantação de projeto-piloto em uma prefeitura, com acompanhamento do desenvolvimento após a aprovação do primeiro loteamento.
- e) Analisar o grau de incertezas nos resultados pós aplicação do método Delphi.
- f) Análise das outras duas bases do desenvolvimento sustentável conforme descreve ICLEI (1996): desenvolvimento econômico e desenvolvimento social.



## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA.  
**NBR 10844:** Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA.  
**NBR 9050:** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004.

ALAMBERT JUNIOR, Nelson: **Manual prático de tubulações para abastecimento de água:** informações práticas e indispensáveis para projetos, obras e saneamento. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 176p.

ALVAREZ, Ivan André. et al. Comparação entre videografia e fotografia aérea para diagnóstico da vegetação em ambiente urbano de Piracicaba, SP. **Revista Árvore**, 2010, v.34, n.4, p. 691-698.

ALVES, Decio Baixo. Prefeitura de São José só enrola a comunidade de Flor de Nápoles. **Jornal São José em Foco**. São José, 24 jun. 2011. Geral. n. 667. Disponível em:  
<<http://www.jbfoco.com.br/SITE/noticias.php?IdNoticia=22741&descripton=Prefeitura+de+SJ+só+enrola+a+comunidade+de+Flor+de+Nápoles.html>>. Acesso em 25 jun. 2011.

ALVES, Flávio Augusto de O.; COSTA, Alfredo Ribeiro da: Estimativa de volume para reservatório de detenção no controle de cheias urbanas. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE, 1, 2006, Cuibá, **Anais...** Cuibá: 2006, p.13.

AMBONI, Giovani. **Método para gerenciamento integrado de bacia hidrográfica com adoção de indicadores sócio-econômico-ambientais**. 2011. 277 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

AMENU, Geremew G. A Comparative Study of Water Quality Conditions between Heavily Urbanized and Less Urbanized Watersheds of Los Angeles Basin. In: ASCE. Bearing Knowledge for Sustainability: Proceedings of World Environmental and Water Resources Congress

2011. Disponível em <[http://dx.doi.org/10.1061/41173\(414\)70](http://dx.doi.org/10.1061/41173(414)70)>. Acesso em: 16 nov. 2012.

AMORIM, Lia Martucci. **Ocupação de fundos de vale em áreas urbanas. Estudo de caso: Córrego do Mineirinho, São Carlos, SP.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, 214 f. São Carlos/SP, 2004.

ANDRADE, Liza Maria Souza de; ROMERO, Marta Adriana Bustos. Desenho de assentamentos urbanos sustentáveis: proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – CLACS'04/ 10; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC'04, 1, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

ANDRADE, Liza Maria Souza. **Agenda verde x agenda marrom:** Inexistência de princípios ecológicos para o desenho de assentamentos urbanos. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade de Brasília. 207f. Brasília/DF, 2005. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/50709025/8-Metodologia-do-Trabalho-Cientifico-e-Orientacao-de-TCC-Agenda-Verde-X-Agenda-Marrom>>. Acesso em 12 jun. 2011.

ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A.. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, RS, v. 5, n.3, 2000. p. 21-29. Disponível em: <<http://www.rhama.net/download/artigos/artigo10.pdf>>. Acesso em 20 jun. 2011.

ARGENTA, Andressa; POSTIGLIONE, Gustavo da Silveira; OLIVEIRA, Francisco Henrique de. A importância do cadastro urbano para fins de planejamento urbano – experiência em Florianópolis/Brasil e Santa Fé/Argentina. In: ENCONTRO DOS GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 13., 2009, Montevideo. **Anais...** Montevideo, 2009. v.1.

ARNOLD, Chester L Jr; GIBBONS, C James. Impervious surface coverage: The emergence of a key environmental indicator American Planning Association. **Journal of the American Planning Association.**

1996. v. 62, n. 2. Disponível em:  
<[http://www.esf.edu/cue/documents/Arnold-gibbons\\_ImperviousSurface\\_Coverage\\_1996.pdf](http://www.esf.edu/cue/documents/Arnold-gibbons_ImperviousSurface_Coverage_1996.pdf)>. Acesso em 12 jun. 2011.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de; ARAÚJO, Roberto de.  
**Manual de hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. p. 669.

BAPTISTA, Márcio Benedito. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 2. ed. rev. Porto Alegre: ABRH, 2011, p. 318.

BARBIER, E. B. & MARKANDYA A. The conditions for achieving environmentally sustainable growth . **European Economic Review**, 1990.

BARROS, M. V.F et al. Identificação das ocupações irregulares nos fundos de vale na cidade de Londrina/PR por meio de imagem landsat 7. In: **RA' E GA O espaço geográfico em análise**. Curitiba, PR: UFPR, 2003, p 47-54.

BAUER, Martin W.; GASKELL, George; ALLUM, Nicholas C.: Qualidade, quantidade e interesses do conhecimento – Evitando confusões. In: BAUER, Martin W.; GASKELL, George (edit.): **Pesquisa Qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Petrópolis: Vozes, 2002.

BIGARELLA, João José; BECKER, Rosemari Dora; SANTOS, Gilberto Friedenreich dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: UFSC, 1994.

BONILLA, Ricardo J.; CARNEIRO, Andrea F. T. O uso do cadastro multifinalitário no planejamento urbano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2., Recife/PE. **Anais...** Recife/PE, 2008, 9 p.

ALVES, Flávio Augusto de O.; COSTA, Alfredo Ribeiro da: Estimativa de volume para reservatório de retenção no controle de cheias urbanas. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE, 1, 2006, Cuibá, **Anais...** Cuibá: 2006, p.13.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. 274 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros. Portaria n. 511, de 7 de dez. de 2009-a. **Diário Oficial da união**, n. 234, Brasília, DF, 8 de dez. de 2009. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/imprensa/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=75&data=08/12/2009>>. Acessado em: 09 mar. 2011.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. **Déficit habitacional no Brasil 2007**. Brasília, 2009-b. 129 p. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosZIP/DeficitHabitacional.zip>>. Acessado em: 12 mai. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 001 de 23/01/1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental. **Diário Oficial da União**. 17 fev. 1986. p. 2548-2549. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em 09 jun. 2011.

BRAUN, Ricardo. **Desenvolvimento ao ponto sustentável: novos paradigmas ambientais**. Petrópolis: Vozes, 2001, p. 183.

BUENO, Chris. **Carros elétricos, veículos não poluentes, silenciosos e econômicos**. Publicado em 22 out. 2008. Disponível em <<http://360graus.terra.com.br/ecologia/default.asp?did=26946&action=reportagem>>. Acesso em: 12 jun. 2011.

BURGES, Stephen J.; WIGMOSTA, Mark S.; MEENA, Jack M.: Hydrological Effects of Land-Use Change in a Zero-Order Catchment. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 3, n. 2, abril, 1998, p. 86-97.

BURITY, Edilce Figueiredo; BRITO, Jorge Luís Nunes e Silva. Cadastro: Proposta de Padronização de Terminologia. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO – COBRAC 98. Florianópolis/SC. **Anais...** Florianópolis/SC: UFSC, 1998.

BURNS, Douglas. et al. Effects of suburban development on runoff generation in the Croton River basin, New York, USA. **Journal of Hydrology**, v. 311, n. 1- 4, 15 set. 2005, p. 266-281.

CAPORUSSO, Danúbia; MATIAS, Lindon Fonseca. Áreas Verdes Urbanas: Avaliação e Proposta Conceitual. In: SIMPGEO/SP,1., Rio Claro/SP. **Anais...**Rio Claro/SP, 2008. p. 71-87.

CARDOSO, Luiz Reynaldo de Azevedo. et al. Prospecção de futuro e Método Delphi: uma aplicação para a cadeia produtiva da construção habitacional. **Ambiente Construído**. v. 5, 2005. p. 23-38. Disponível em:<<http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3650/2008>>. Acesso em 12 jun. 2011.

CARRIJO, Beatriz Rodrigues; BACCARO, Claudete Aparecida Dallevedove. Análise Sobre a Erosão Hídrica na Área Urbana de Uberlândia – MG. **Caminhos de geografia**. Minas Gerais: UFU. 2000. p. 70-83. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15254/8555>>. Acesso em 20 set. 2012.

CARVALHO, Grazielle Anjos; LEITE, Débora Veridiana Brier. Geoprocessamento na gestão urbana municipal a experiência dos municípios mineiros Sabará e Nova Lima. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal, RN. **Anais...**, Natal, RN, 2009. p. 3643-3650.

CAVALCANTI, Clóvis et al. **Desenvolvimento e natureza:** estudos para uma sociedade sustentável. INPSO/FUNDAJ, Instituto de Pesquisas Sociais, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, Recife, Brasil. 1994. p. 262. Disponível em: <<http://sala.clacso.org.ar/gsd/cgi-bin/library?e=d-000-00---0inps0--00-0-0-0prompt-10---4-----0-11--1-es-Zz-1---20-about---00031-001-0-0utfZz-8-00&cl=CL1&d=HASH010103134252faf0bf147f95.3.2&gt=1>>. Acesso em: 25 fev. 2011.

CENEVIVA, Walter. Registro de imóvel: O Sistema alemão e o brasileiro. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE CADASTRO TÉCNICO RURAL E URBANO. **Anais...** Curitiba/PR, 1987.

CENTER FOR WATERSHED PROTECTION; Maryland Department of the Environment. Maryland Stormwater Design Manual, v. I, n. II., US, 2000. Disponível em: <[http://www.mde.state.md.us/programs/Water/StormwaterManagementProgram/MarylandStormwaterDesignManual/Pages/programs/waterprograms/sedimentandstormwater/stormwater\\_design/index.aspx](http://www.mde.state.md.us/programs/Water/StormwaterManagementProgram/MarylandStormwaterDesignManual/Pages/programs/waterprograms/sedimentandstormwater/stormwater_design/index.aspx)>. Acesso em: 18 mar. 2011.

CHASSOT, Attico e CAMPOS, Heraldo. **Ciência da Terra e Meio Ambiente – Diálogos para (inter)ações no Planeta**. São Leopoldo: Unisinos, 1999.

CHIAVEGATTO Claudia Vasques. **Percepção dos profissionais de nível superior da atenção primária quanto ao desenvolvimento de ações de saúde do trabalhador no SUS em Minas Gerais**. 2010, 128 f. Dissertação (mestrado em Saúde Pública) Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

COMISSÃO EUROPEIA. **Relatório Cidades Europeias Sustentáveis**. Grupo de Peritos Sobre o Ambiente Urbano. Bruxelas, 1996. Disponível em <[http://www.urbanismo-portugal.com/textos/textosdereferencia/cidades\\_europ\\_sustent.pdf](http://www.urbanismo-portugal.com/textos/textosdereferencia/cidades_europ_sustent.pdf)>. Acesso em: 02 mar. 2011.

CORDOVEZ, Juan Carlos Gortaire. O geoprocessamento como ferramenta de gestão urbana. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 1., 2002, Aracaju. **Anais...**, Aracaju, 2002. v. 1. Disponível em: <[http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr1/pdfs/pa\\_pu\\_01.PDF](http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr1/pdfs/pa_pu_01.PDF)>. Acesso em: 02 mar. 2011.

COSTA JUNIOR, Lourenço Leme da; BARBASSA, Ademir Paceli. Parâmetros de projeto de microrreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas. **Eng. Sanit. Ambient.**, 2006, v.11, n.1, p. 46-54. Disponível em:



<<http://www.scielo.br/pdf/esa/v11n1/29137.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2011.

COSTA, Maira Murrieta. As bibliotecas brasileiras em 2018: resultados da técnica de delfos. **Perspect. Ciênc. Inf.** v.17, n.1, p. 74-93. 2012.

Disponível em: <

<http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/view/1363/1028>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

CREA-BA. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia Bahia.

**Guia prático para a construção de calçadas.** Salvador, 2009. p. 26.

CRUZ, Marcos A. S.; TUCCI, Carlos E. M.; SILVEIRA, André L. L..

Controle do escoamento com retenção em lotes urbanos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 3, n. 4. 1998. p.19-31. Disponível em:

<<http://rhama.net/download/artigos/artigo3.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

D'ALMEIDA JUNIOR, Amandio José Cabral; MANZOLI JUNIOR, Wilson. Cadastro Técnico Multifinalitário: ferramenta para implantação de medidas não estruturais de controle da drenagem pluvial urbana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO – COBRAC 2004. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis/SC, 2004, p. 12.

D'AMBROSIO, Daniela. Cresce demanda por loteamentos de luxo.

**Valor Econômico**, São Paulo, 11 out. 2010. Disponível em:

<<http://www.vidaimobiliaria.com.br/content/crece-demanda-por-loteamentos-de-luxo>>. Acesso em: 12 maio. 2011.

DALKEY, Norman; HELMER, Olaf. An experimental application of the delphi method to the use of experts. **Management Science**, v. 9, n. 3, p. 458-467, 1963.

DANTAS, Yse Maria Vinhaes: **Diretrizes para a integração do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais – CNIR com o Cadastro Estadual Florestal de Imóveis Rurais – CEFIR e sua implicação no processo de averbação da Reserva Legal, no âmbito da Lei nº 10.267/01.** 2009. f. 171. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Ambiental Urbana) MEAU da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador/BA. 2009.

DE CARLI, Paulo Cesar; DELAMARO, Maurício César; SALOMON, Valério Antonio Pamplona. Identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de fábrica digital. **Produção**. v. 20, n.4, 2010. p. 549-564. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132010000400005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132010000400005&script=sci_arttext)>. Acesso em: 12 maio. 2011.

DELBECQ, Andre L; VAN DE VEN, Andrew H.; GUSTAFSON, David H.. **Group techniques for program planning**: a guide to nominal group and delphi processes. Brighton, Sccott, Foresman and Company, 1975.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER/SP. **Instrução de Projeto de Pavimentação**. São Paulo/SP: Secretaria de Transportes de São Paulo, 2006.

DUFFIELD, C. The delphi technique: a comparison of results obtained using two expert panels. **Lut. J. Nurs. Stud**, v. 30, 1993, p.277-37.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidance Specifying Management Measures for Sources of Nonpoint Source Pollution in Coastal Waters**. United States Environmental protection Agency. Washington, DC/EUA. 1993.

ERBA, Diego Alfonso. O cadastro territorial: presente, passado e futuro. In: ERBA, Diego Alfonso; OLIVEIRA, Fabrício Leal; LIMA JUNIOR, Pedro (org.): **Cadastro Multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana**. Rio de Janeiro, 2005, p.13-38.

FALCÃO, Márcia Teixeira. et al. Impactos ambientais decorrentes da implantação de loteamento residencial particular em Boa Vista – Roraima. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa – MG. **Anais...** Viçosa – MG, 2009.

FARO, Ana Cristina Mancussi e. Técnica Delphi na validação das intervenções de enfermagem. **Rev. esc. enferm. USP**, São Paulo , v. 31, n. 2, ago. 1997. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0080-62341997000200008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62341997000200008&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 21 dez. 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0080-62341997000200008>.

FEIZIZADEH, Bakhtiar; JANKOWSKI, Piotr; BLASCHKE, Thomas. A GIS based Spatially-explicit Sensitivity and Uncertainty Analysis Approach for Multi-Criteria Decision Analysis. **Computers & Geosciences**, 2013. Disponível em:  
 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2013.11.009>>. Acesso em: 21 dez. 2013.

FIG - Fédération Internationale des Géomètres: Statement on the Cadastre. **FIG publications no. 11**. Copenhagen: FIG Office. 1995. Disponível em: <<http://www.fig.net/pub/figpub/pub11/figpub11.htm>> Acesso em: 19 ago. 2011.

FINK, Arlene. et al. Consensus methods: characteristics and guidelines for use. **American Journal of Public Health September**. v. 74, n. 9, 1984. p. 979-983.

FONTES, Andréa Regina Martins; BARBASSA, Ademir Paceli. Diagnóstico e prognóstico da ocupação e da impermeabilização urbanas. **Revista brasileira de recursos hídricos**, v. 8, n. 2, 2003, p. 1337-147.

GALATI, Stephen R. **Geographic Information Systems: Demystified**. Boston, EUA: Artech House, INC., 2006.

GAUME, E.; LIVET, M.; DESBORDES, M.; VILLENEUVE, J. P. Hydrological analysis of the river Aude, France, flash flood on 12 and 13 November 1999. **Journal of Hydrology**, v. 286, n. 1, p. 135-154, 2004.

GEORGIA DEPT OF NATURAL RESOURCES: Georgia Stormwater Management Manual. v. 2. Technical Handbook. 1 ed. 2001.

GFDRR – Global facility for disaster reduction and recovery. integrating disaster risk reduction and climate adaptation into the fight against poverty. **Annual Report 2010**. Washington, USA, 2010.

GOMES, Marcos Antonio et al. Solos, manejo e aspectos hidrológicos na bacia hidrográfica do Araújos, Viçosa - MG. **Rev. Árvore**, Viçosa , v. 36, n. 1, fev. 2012, p. 93-102. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622012000100011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622012000100011&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 19 ago. 2012.

GRISI, Celso C. de H.; BRITO, Ricardo P. de. Técnica de cenários e o método Delphi: uma aplicação para o ambiente brasileiro. In: Seminários em Administração Fea-Usp. São Paulo, **Anais...** São Paulo, 2003.

GÜNTHER, Hartmut: Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta é a Questão? **Revista Psicologia: Teoria e Pesquisa**. mai-ago 2006, v. 22 n. 2, p. 201-210.

GUPTA, U. e CLARKE, R. E., Theory and applications of the Delphi technique: A bibliography (1975-1994). **Forecasting and Social Change**. v. 53. p.185-211. 1996.

HARVEY, M. D.; MORRIS, C. E.: Downstream Effects of Urbanization in Fountain Creek, Colorado. **Critical Transitions in Water and Environmental Resources Management**. 2004.

Disponível em

<<http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/40737%282004%29423>>, Acesso em: 16 nov. de 2012.

HEJAZI, Mohamad; MARKUS, Momcilo: Impacts of Urbanization and Climate Variability on Floods in Northeastern Illinois. **Journal of Hydrologic Engineering**, v.14, n. 6, jun. 2009, p. 606–616.

HERRMANN, M. L. de P. (Org). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 2006, 146 p.

HIRATA, Ricardo; SUHOGUSOFF, Alexandra Vieira. **Águas subterrâneas: um importante recurso que requer proteção**.

Geociências. USP. 2003. Disponível em

<<http://www.igc.usp.br/index.php?id=164>>. Acesso em: 21 mar. 2011.

HOLTZ, Robert D.; KOVACS, William D. **An Introduction to geotechnical engineering**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1981. 733p.

HORA, Silmara Borges da; GOMES, Ronaldo Lima. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. **Soc. Nat.** Uberlândia, v. 21, n. 2, ago. 2009 .

ICLEI – International Council for Local Environmental Initiatives: **The Local Agenda 21 Planning Guide**: an introduction to sustainable development planning. Toronto, ON, Canada. 1996. Disponível em: <[http://www.idrc.ca/openbooks/448-2/#page\\_1](http://www.idrc.ca/openbooks/448-2/#page_1)>. Acesso em: 06 mar. 2011.

JOLSON, Marvin A.; ROSSOW, Gerald L. The delphi process in marketing decision making. **Journal of Marketing Research**, v. 8 , n. 4, 1971, p. 443-448.

KONRAD, Christopher P. Effects of urban development on floods. **USGS Fact Sheet FS-076-03**. 2003. Disponível em <<http://pubs.usgs.gov/fs/fs07603/pdf/fs07603.pdf>>, Acesso em 16 nov. 2012.

LEE, Chihun; KIM, Yuntae: Development of construction standards for the infiltration gutter to reduce runoff quantity in South Korea. In: World Environmental and Water Resources Congress 2012. Albuquerque, New Mexico, United States. **Proceedings...** United States, ASCE, 2012. p. 3573-3582.

LEOPOLD, Luna B. **Hydrology for Urban Land Planning**: a guidebook on the hydrologic effects on urban land use. 4.ed. Geological Survey Circular 554. U. S. Department of the Interior. Washington, 1968. 18 p. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/circ/1968/0554/report.pdf>>. Acesso em 20 jun. 2011.

LIBANIO, Paulo Augusto Cunha; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Eng. Sanit. Ambient.** 2005, v.10, n.3, p. 219-228. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v10n3/a06v10n3.pdf>>. Acesso em 20 jun. 2011.

LIMA, Obéde Pereira de; CORDINI, Jucilei; LOCH, Carlos. O cadastro técnico multifinalitário e o poder público municipal – base para o desenvolvimento sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 4., Florianópolis. 2000. CD-ROM.

LIMA, Valéria; AMORIM, Margarete Cristiane Costa Trindade: A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Revista Formação** (Presidente Prudente), nº13, v. 1, p. 139-165, 2006.

LINSTONE, Harold A.; TUROFF, Murray: **The Delphi Method: Techniques and Applications**. 2002. Disponível em: <<http://is.njit.edu/pubs/delphibook/delphibook.pdf>> Acesso em: 02 de out. 2012.

LIVINGSTON, Eric H.; MCCARRON, Ellen. **Stormwater management: a guide for floridians**. Florida Department Of Environmental Regulation, Tallahassee. 1992. 72 p.

LOCH, Carlos; ERBA, Diego Alfonso. **Cadastro técnico multifinalitário: rural e urbano**. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007. 142 p.

LOCH, Carlos. Cadastro técnico multifinalitário: instrumento de política fiscal e urbana. In: ERBA, Diego Alfonso; OLIVEIRA, Fabrício Leal; LIMA JUNIOR, Pedro (Org.) **Cadastro multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005, p. 73 -101.

LOLLO, José Augusto de; RÖHM, Sérgio Antonio. Loteamentos e mecanismos de avaliação de impactos no Brasil. **HOLOS Environment**, v. 9, p. 145-166, 2009.

MARCHIONI, Mariana; SILVA, Cláudio Oliveira: **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011. 24p. Disponível em: <[http://www.abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2011/06/Cartilha\\_Pav\\_Intertravado\\_Permeavel\\_v1.pdf](http://www.abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2011/06/Cartilha_Pav_Intertravado_Permeavel_v1.pdf)> Acesso em 31 ago. 2012.

MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução da pesquisa, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. São Paulo: Atlas. 2002, 289 p.

MARINI, Celso. Loteamentos fechados. **Escritório online**. 07 jun. 2000. Disponível em: <[http://www.escriptorioonline.com/webnews/noticia.php?id\\_noticia=1077](http://www.escriptorioonline.com/webnews/noticia.php?id_noticia=1077)>. Acesso em: 26 maio. 2011.

MARQUES, Érico Veras e MACHADO, Marco Aurélio. Identificação dos fatores relevantes na decisão da alocação dos recursos econômicos visando um trânsito seguro. **Rev. Adm. Pública**. v.44, n.6, 2010. p. 1379-1404.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Gestão dos Recursos Naturais: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira**. Maria do Carmo de Lima Bezerra e Tania Maria Tonelli Munhoz (coordenação-geral). Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio TC/BR/FUNATURA, 2000. 200p.

MORAIS, Caroline Santana de. **Desempenho térmico de coberturas vegetais em edificações na cidade de São Paulo-SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, 106 f. São Paulo/SP, 2004.

MOTA, Francisco Suetonio. **Urbanização e Meio Ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003, 351p.

Moura, Ana Clara M. Discussões metodológicas para aplicação do modelo de Polígonos de Voronoi em estudos de áreas de influência fenômenos em ocupações urbanas – estudo de caso em Ouro Preto – MG. In: Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 7., São Paulo. **Anais...** São Paulo:FEA/USP, 2009, p. 9-11,.

MOURA, Ana Clara M. et al. Geoprocessamento nos diagnósticos e prognósticos de áreas de interesse especial ao na área de influência das linhas de transmissão da CEMIG estudo de caso da RMBH. In:

Congresso Brasileiro de Cartografia, 24., 2010, Aracaju. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia. 2010. p. 1570-1578.

MOURA, Ana Clara Mourão: **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2005.

MOURA, Ana Clara Mourão: Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007, v.1. p. 2899-2906.

MURPHY, M. K. et al. Consensus development methods and their use in clinical guideline development. **Health Technology Assessment reports**, v. 2, n. 3, 1998. Disponível em <<http://www.hta.ac.uk/fullmono/mon203.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2012.

NAÇÕES UNIDAS. The future we want. United Nations Conference on Sustainable Development. In: Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro, Brazil. 20-22 jun. de 2012. Disponível em: <[http://www.rio20.gov.br/sobre\\_a\\_rio\\_mais\\_20/rio-20-como-chegamos-ate-aqui](http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20/rio-20-como-chegamos-ate-aqui)>. Acesso em: 23 jun. 2012.

NEGREIROS, Iara. **Diretrizes para projetos de loteamentos urbanos considerando os métodos de avaliação ambiental**. 161f. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo/SP. 2009.

NERIS, Fabiano Luiz. **Análise da Qualidade Geométrica de Diferentes Bases Cartográficas para o Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano**. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

NÓBREGA, Tânia Maria Queiroga. **A problemática da drenagem em áreas urbanas planas: o caso da planície costeira da cidade de João Pessoa**. 126 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-Pb. 2002.



NUCCI, J.C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**. Humanitas, São Paulo-SP, 2001. 236 p.

OKOLI, Chitu; PAWLOWSKI, Suzanne D. The delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. **Information & Management**. v. 42, 2004, p.15-29.

OLIVEIRA, Lucia Helena de et al. **Levantamento do Estado da Arte: Água**. Documento 2.1 do Projeto: Tecnologias para habitação mais sustentável. Projeto FINEP 2386/04. FINEP, 2007. Disponível em <[http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-1\\_agua.pdf](http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-1_agua.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2011.

OLIVEIRA, Francisco Henrique de. Cadastro territorial multifinalitário. In: CUNHA, Eglaisa Micheline Pontes; ERBA, Diego Alfonso: **Manual de Apoio - CTM: diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros**. Brasília: Ministério das Cidades, 2010-a. p. 31-48.

OLIVEIRA, Francisco Henrique de. Multifinalidade do cadastro. In: CUNHA, Eglaisa Micheline Pontes; ERBA, Diego Alfonso. **Manual de Apoio – CTM: diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros**. Brasília: Ministério das Cidades, 2010-b. p. 87-106.

ONO, R.; WEDEMEYER, D., Assessing the validity of the Delphi technique. **Futures**. v. 26, n.3, 1994, p. 289-304.

PALENZUELA, Salvador Rueda. **Modelos e Indicadores para ciudades más sostenibles: Taller sobre Indicadores de Huella y Calidad Ambiental Urbana**. Barcelona, Departament de Medi Ambient de la Generalitat de la Catalunya /Fundació Forum Ambiental, 1999. 40 p.

PASQUALI, Luiz. Princípios de elaboração de escalas psicológicas. **Rev. Psiquiatr. Clin.**, v. 25, n. 5, 1998, p. 206-213.

PENHALVER, Alexandra: Loteamentos crescem no interior de São Paulo. **O Estado de São Paulo**, 24 jul. 2005, Caderno de Imóveis. Disponível em:

<[http://www.redesp.com.br/noticias/imp\\_not.php?id\\_cont=1511#](http://www.redesp.com.br/noticias/imp_not.php?id_cont=1511#)>  
Acessado em: 07 jun. 2011.

PERRY, Charles A.: **Significant floods in the United States During the 20th century** – USGS Measures a Century of floods. U.S. Department of the Interior; U.S. Geological Survey. 2000. Disponível em <<http://ks.water.usgs.gov/pubs/fact-sheets/fs.024-00.html>> Acesso em: 21 set. 2011.

PHILIPS, J. Os mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico, 2., 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1996.

PHILIPS, Jürgen. Das disposições gerais. In: CUNHA, Eglaisa Micheline Pontes; ERBA, Diego Alfonso: **Manual de Apoio – CTM:** diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros. Brasília: Ministério das Cidades, 2010, p. 15-30.

PHILIPS, Jürgen: Conceito de imóvel e parcela no cadastro georreferenciado. Boletim IRIB em revista, n.325, 2006. p. 104. Disponível em: <<http://www.irib.org.br/html/boletim/revista.php?pubcod=43>>. Acesso em 09 abr. 2011.

PIOLA, Sérgio Francisco; VIANNA, Solon Magalhães; VIVAS-CONSUELO, David. Estudo delphi: atores sociais e tendências do sistema de saúde brasileiro. **Cad. Saúde Pública**. v.18, supl, 2002. p. S181-S190.

POWELL, Catherine. The delphi technique: myths and realities. **Journal of advanced nursing**, v.41, n.4, p.376–382, 2003.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO E FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA – CTH: **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no Município de São Paulo**. RAMOS, Carlos Lioret; BARROS, Mário Thadeu Leme de; PALOS, José Carlos Francisco, (Coord.), São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://www.fcth.br/public/cursos/canaismares/md.pdf>>. Acesso em 27 mai. 2011.

PROKOP, Gundula; JOBSTMANN, Heide; SCHÖNBAUER, Arnulf: **Overview of best practices for limiting soil sealing or mitigating its effects in EU-27**. European Commission, DG Environment. 2011. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/sealing/Soil%20sealing%20-%20Final%20Report.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2012.

REIS, Ricardo Prado Abreu; OLIVEIRA, Lúcia Helena de e SALES, Maurício Martinés. Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, abr./jun. 2008, p. 99-117.

REIS, Ricardo Prado Abreu; OLIVEIRA, Lúcia Helena de e SALES, Maurício Martinés. Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23., **Anais...** Rio de Janeiro/RJ. 2005. 9 p.

RIBEIRO, Maria Alice Morato: **Contribuição ao estudo do impacto ambiental das pilhas a combustíveis de baixa e média temperatura através da metodologia delphi**. 316 f. Tese (Doutorado em ciências tecnologia nuclear (aplicações)). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo/SP, 2009.

RIGGS, Walter E. The Delphi Technique: An experimental evaluation. **Technological forecasting and social change**, v.23, 1983, p. 89-94.

RIGHETTO, Antônio Marozzi: **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396 p.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROSENTHAL, Elisabeth. German Suburb, Life Goes On Without Cars. **The New York Times**. New York, USA. 2009. Disponível em <<http://www.nytimes.com/2009/05/12/science/earth/12suburb.html>>. Acesso em: 12 jun. 2011.

ROWE, Gene; WRIGHT, George: The Delphi technique as a forecasting tool: Issues and analysis. **International journal of forecasting**. v.15, p. 353-375. 1999.

SABOYA, Renato T. de: **Cadastro Técnico Multifinalitário.**

Urbanidades: 2010. Disponível em:

<<http://urbanidades.arq.br/2010/10/cadastro-tecnico-multifinalitario/>>.

Acesso em 31 mar. 2011.

SABOYA, Renato Tibiriça de; SANTOS, Karin Cristina dos; SCHUCH, Fernanda Simoni: O uso do cadastro técnico multifinalitário no planejamento urbano. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 22., 2005, Macaé/RJ. **Anais...** Rio de Janeiro. 2005. 11 p.

SALLES, Colombo Machado. **Rios e canais.** Florianópolis, SC: Elbert, 1993, 1404p.

SANTA CATARINA. Ministério Público. Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente: **Guia do parcelamento do solo urbano: perguntas e respostas: consultas e modelos.** SOUTO, Luís Eduardo Couto de Oliveira, coord. – Florianópolis: MPSC, 2010.

SATTERTHWAITE, David. Como as cidades podem contribuir para o Desenvolvimento Sustentável. In: MENEGAT, Rualdo; ALMEIDA, Gerson (Org.). **Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas Cidades, Estratégias a partir de Porto Alegre.** Porto Alegre: UFRGS Editora, 2004. p. 129-167.

SAUER, Carlos Eduardo. **Análise de aspectos da legislação ambiental relacionado ocupação urbana em áreas de preservação permanente através do uso de ortofotos: O caso do Rio Bacacheri em Curitiba – PR.** 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba/PR. 2007.

SCHMITZ, André. **Salvando a boiada.** Disponível em:

<<http://www.panoramio.com/photo/17437472>>. Acesso em 15 jun.

2010.

SILVA, Cassandra Ribeiro de O. **Metodologia e Organização do projeto de pesquisa (GUIA PRÁTICO).** Apostila do Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, Fortaleza. 2004. 34p. Disponível em: <<http://www.ufop.br/demet/metodologia.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2011.

SILVA, Everton da; RAMOS, Liane da Silva; LOCH, Carlos; OLIVEIRA, Roberto de. Considerações sobre a Implementação de um Cadastro Técnico Multifinalitário. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – COBRAC, 2002. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis. 2002. 11 p.

SILVA, Maria Floresia P. de Souza e. **Condomínios Fechados – A produção habitacional contemporânea e a auto-exclusão dos sócios no espaço urbano de Natal.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal/RN. 2005.

SINDICONET. **Loteamento X Condomínio.** Disponível em <<http://www.sindico.com.br/informese/view.asp?id=1103#lot>> Acesso em: 22 fev. 2011.

SOUZA, Christopher Freire; TUCCI, Carlos E. M.; POMPÊO, César Augusto. Diretrizes para o estabelecimento de loteamentos urbanos sustentáveis. In: Encontro Nacional de Águas Urbanas CREA-MG, 4., Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: ABRH, 2005.

SOUZA, Gueibi Peres: **Método para estruturar a integração de previsões utilizando a técnica Delphi.** 168 f., Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2008.

STAHLRE, P. 15 Years Experiences of Sustainable Urban Storm Drainage in the City of Malmö, Sweden. World Water and Environmental Resources Congress 2005, EWRI, **Proceedings...** 2005. 12 p. Disponível em <<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40792%28173%29154>>. Acesso em: 26 jul. 2012.

TAKAOKA EMPREENDIMENTOS: Residencial Gênesis: único por natureza. Disponível em: <<http://www.projetogenesis.com.br/>>. Acesso em 24 ago. 2012.

TAKAOKA, Marcelo Vespoli. et al. **Uma área Residencial com mais sustentabilidade:** Estudo de caso do projeto Gênesis. Tradução de trabalho apresentado SB05, Tóquio, de 2005. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/userfiles/bancoDeConhecimento/MoreSustaina>>

bleUrban ResidentialArea\_portuguese.pdf>. Acesso em: 10 fev. de 2011.

TAYLOR, J. G.; RYDER, S. D. Use of the delphi method in resolving complex water resources issues. **Journal of the American Water Resources Association**, New York, v. 39, n.1, 2003, p. 183-189.

TOLEDO, Fabiane dos Santos; SANTOS, Douglas Gomes dos: Espaço Livre de Construção: um passeio pelos parques urbanos. **Soc. Bras. De Arborização Urbana**, Piracicaba/SP, v.7, n.2, 2012, 10-23 p.

TOMINAGA, Lídia Keiko. Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela (Org.): **Desastres Naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, capítulo I.

TUCCI, C. E. M.: Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, Juan Carlos (Org.): **Inundações Urbanas na América do Sul**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, GWP, WMO, 2003. v. 1, 474 p.

TUCCI, Carlos E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados USP**. v. 22, n.63, 2008, p. 97-112.

TUCCI, Carlos E. M. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Revista de Gestão de Águas da América Latina**, Santiago, v. 1, n. 1. 2004. p. 59-74.

TUCCI, Carlos E. M. **Regionalização de Vazões**. Porto Alegre: UFRGS, 2002.

TUCCI, Carlos E. M. Estimativa do volume para controle da drenagem no lote. In: BRAGA Benedito; TUCCI, Carlos E. M.; TOZZI, Marcos (Org.). **Drenagem Urbana**: Gerenciamento Simulação e Controle. Porto Alegre: ABRH, 1998.

TUCCI, Carlos E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, 2001. 26 p.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. 192 p.

TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem la Laina; BARROS, Mário T. de. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH; UFRGS, 1995. 428 p.

URBAN DRAINAGE AND FLOOD CONTROL DISTRICT. **Urban Storm Drainage Criteria Manual**, v. 3, Best Management Practices, Colorado/USA, 2010, 584 p.

US-EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY . **Preliminary data summary of urban storm water best management practices**. EPA-821-R-99-012, 1999, 214 p.

VILLAGE HOME OWNERS ASSOCIATION: **Village Homes**: Davis, California. 2003. Disponível em: <<http://www.villagehomesdavis.org/public/about>>. Acesso em: 16 mar. 2011.

WEBER, Diana; STURM, Terry W.; WARNER, Richard. Impact of Urbanization on Sediment Budget of Peachtree Creek. **World Water Congress 2004**. 2004. Disponível em <[http://dx.doi.org/10.1061/40737\(2004\)430](http://dx.doi.org/10.1061/40737(2004)430)>, Acesso em: 16 nov. de 2012.

WHITFORD, V.; HANDLEY, J.; ENNOS, R. City form and natural process-indicators for the ecological performance of urban areas. **Landscape Urban Plann.** 57, 2001, 91–103 p. Disponível em: <<http://www.deepdyve.com/lp/elsevier/city-form-and-natural-process-indicators-for-the-ecological-q0n5BL4Tcv>>. Acesso em 20 jun. 2011.

WILKEN, Paulo Sampaio: **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, 1978. 478 p.

WILLIAMS, P. L.; WEBB, C. The delphi technique: a methodological discussion. **J. Adv. Nurs.**, n. 19, 1994, 180-186 p.

WILLIAMSON, Ian: The evolution of modern cadastres. **Conference on new technology in a new century, FIG Working Week**, Seoul, Korea, p. 6-11, 2001.

WRIGHT, James Terence C.; SPERS, Renata Giovinazzo. O país no futuro: aspectos metodológicos e cenários. **Estudos avançados**, v.20, n.56, p. 13-28, 2006.

WRIGHT, James Terence Coulter; GIOVINAZZO, Renata Alves: DELPHI – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração (USP)**, São Paulo, v. 1, p. 54-65, 2000.

YOSHIMOTO, Toshihiro; SUETSUGI, Tadashi: Comprehensive Flood Disaster Prevention Measures in Japan. In: DUISBERG SYMPOSIUM, 1988. Hydrological Processes and Water Management in Urban Areas, International Association of Hydrological Sciences Publication, n.198, p. 175-183, 1990.

ZAPATA, Juan Carlos Revollo: **Modelo Híbrido para Estimativa de Parâmetros de Referência como Suporte à Avaliação Social de Projetos**. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 1995.

ZORATTO, Ana Cristina: A Importância do Tratamento de Esgoto Doméstico no Saneamento Básico. In: Fórum Ambiental da Alta Paulista, 2., 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo. Disponível em: <<http://www.amigosdanatureza.org.br/noticias/306/trabalhos/126.AU-8.pdf>>. Acesso em: 31 maio. 2011.



## APÊNDICE

## APENDICE A – Formulário online Delphi

### Questionário Delphi - Loteamento Sustentável com Gestão Através do CTM

---

Carta de apresentação

Pesquisador

Me. Samuel João da Silveira

Doutorando em Engenharia Civil/UFSC

Orientador

Dr. Francisco Henrique de Oliveira

Professor titular da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e professor voluntário da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prezado(a)

A presente pesquisa faz parte do estudo de doutorado que tem como objetivo a definição de parâmetros de controle para loteamentos residenciais que buscam a sustentabilidade sob a ótica do ciclo hidrológico local e do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM).

Para tanto, será usado o método Delphi, o qual é realizado seguindo os seguintes passos:

- 1° - Formulação de um questionário pertinente aos objetivos da pesquisa.
- 2° - Envio do formulário aos especialistas.
- 3° - Aguardar o preenchimento do formulário e o retorno dos mesmos.
- 4° - Processamento das informações: verifica-se cada questão se os especialistas entraram em consenso nos resultados; Caso tenha atingido, encerra-se o método, caso contrário, segue-se o passo seguinte.
- 5° - Reenvio do questionário com as mesmas perguntas, porém apresenta-se o valor da média, moda e os quartis, juntamente com o valor das respostas individuais do respectivo especialistas. As questões poderão ser alteradas conforme as sugestões enviadas na rodada anterior.
- 6° - Aguardar o preenchimento e retorno dos formulários. Na segunda rodada em diante, os especialistas podem alterar suas respostas, porém é importante que façam as justificativas. Desta forma, a tendência é de que as respostas se aproximem.
- 7° - Processamento das informações: verificar se atingiu o consenso nos resultados. Caso não tenha atingido, retorna-se para o 5° passo. O processo torna-se iterativo até que se tenha convergência entre as respostas. Normalmente o método é concluído com duas rodadas.
- 8° - Conclusão do método: atingiu-se o consenso nos resultados. Envia-se um relatório final com os resultados da pesquisa aos participantes.

O sigilo de nomes e informações pessoais será mantido, os resultados serão divulgados agrupados sem a possibilidade de identificação individual. Sendo assim, gostaríamos da sua valiosa colaboração neste processo respondendo o formulário na brevidade possível.

Desde já, agradecemos a sua participação e o apoio no desenvolvimento da ciência. Por fim, colocamo-nos à disposição para responder qualquer dúvida através do endereço e telefone de contato.

Dados de contatos:

E-mail: [samuelis@ifsc.edu.br](mailto:samuelis@ifsc.edu.br)

Fone: (48) 8408-3571

Endereço:

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

Departamento de Construção Civil

Avenida Mauro Ramos, 950 – Centro, Florianópolis (SC)

CEP 88020-300

O formulário foi dividido em duas partes. A primeira apresenta questões a respeito do perfil do participante e a segunda busca determinar os parâmetros de referências e ordem de importância desses para loteamentos visando-se a sustentabilidade quanto ao ciclo hidrológico.

Desde já, muito obrigado por sua valiosa colaboração.

[Continuar »](#)

\*Obrigatório

## Perfil do Especialista

---

**1) Qual o seu nome?**

Não é necessário responder. Caso responder, o mesmo será mantido sigilo.

**2) Qual o seu endereço para correspondência?**

Não é necessário responder. Caso responda, o mesmo será mantido em sigilo.

**3) Qual o seu telefone para contato?**

Não é necessário responder. Caso responder, o mesmo será mantido sigilo.

**4) Qual o seu e-mail para contato? \***

O seu e-mail será mantido em sigilo. Precisamos dele para dar retorno sobre a pesquisa.

**5) Qual o tempo total de sua experiência profissional? \***

- ☐ 1 à 2 anos
- ☐ 3 à 5 anos
- ☐ 6 à 9 anos
- ☐ 10 à 14 anos
- ☐ Acima de 15 anos

**6) Qual o maior nível de sua formação acadêmica concluída? \***

- ☐ Graduação
- ☐ Especialização
- ☐ Mestrado
- ☐ Doutorado

**7) Sobre sustentabilidade ambiental, assinale as opções de acordo com a sua realidade: \***

☐ Não realizou atividades na área.

☐ Outro:

**11) Sobre Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), assinale as opções de acordo com a sua realidade: \***

Caso a resposta seja positiva, clique na caixinha ao lado do respectivo item.

☐ Publicou artigo na área.

☐ Realizou ou realiza algum projeto de pesquisa na área.

☐ Realizou ou realiza alguma consultoria na área.

☐ Participou de algum congresso nacional ou simpósio na área.

☐ Participou de algum congresso internacional ou simpósio na área?

☐ Não realizou atividades na área.

☐ Outro:

Powered by

 Google Drive

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

[Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Termos Adicionais](#)

# Questionário Delphi - Loteamento Sustentável com Gestão Através do CTM

\*Obrigatório

## Parâmetros de controle para loteamentos sustentáveis.

**12.a) Na sua opinião, qual o ordem de prioridade que se deve adotar para a instalação dos parâmetros de controle do volume de água pluvial informados a seguir? Considere um solo pedregulhoso (G). \***

Para cada parâmetro de controle clique na coluna correspondente a sua respectiva ordem de prioridade. Sendo o 1° o mais importante e o 8° o menos importante. Se você tiver sugestão de algum outro parâmetro de controle, poderá usar o parâmetro "outros" para ordená-lo. Após a lista de parâmetros há um espaço para você identificar o item outros. Caso não considere nada no item "outros" clique na coluna 8 do mesmo e deixe o campo abaixo vazio.

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Reservatório de retenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bacia de retenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valas de infiltração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Poços de infiltração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calçada verde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pavimentação permeável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Canal aberto com pedregulho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**12.b) OUTROS:** caso tenha ordenado o item outros, informe o que você deseja considerar. Poderá também fazer algum comentário referente a esta questão ou adicionar outro item.

**13.a) Na sua opinião, qual o ordem de prioridade que se deve adotar para a instalação dos parâmetros de controle do volume de água pluvial informados a seguir? Considere um solo arenoso (S). \***

Para cada parâmetro de controle clique na coluna correspondente a sua respectiva ordem de prioridade. Sendo o 1° o mais importante e o 8° o menos importante. Se você tiver sugestão de algum outro parâmetro de controle, poderá usar o parâmetro “outros” para ordená-lo. Após a lista de parâmetros há um espaço para você identificar o item outros. Caso não considere nada no item “outros” clique na coluna 8 do mesmo e deixe o campo abaixo vazio.

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Reservatório de detenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bacia de detenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valas de infiltração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Poços de infiltração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calçada verde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pavimentação permeável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Canal aberto com pedregulho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**13.b) OUTROS: caso tenha ordenado o item outros, informe o que você deseja considerar. Poderá também fazer algum comentário referente a esta questão ou adicionar outro item.**

**14.a) Na sua opinião, qual o ordem de prioridade que se deve adotar para a instalação dos parâmetros de controle do volume de água pluvial informados a seguir? Considere um solo argiloso (C) e/ou siltoso (M). \***

Para cada parâmetro de controle clique na coluna correspondente a sua respectiva ordem de prioridade. Sendo o 1° o mais importante e o 8° o menos importante. Se você tiver sugestão de algum outro parâmetro de controle, poderá usar o parâmetro "outros" para ordená-lo. Após a lista de parâmetros há um espaço para você identificar o item outros. Caso não considere nada no item "outros" clique na coluna 8 do mesmo e deixe o campo abaixo vazio.

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Reservatório de detenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bacia de detenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valas de infiltração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Poços de infiltração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calçada verde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pavimentação permeável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Canal aberto com pedregulho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**14.b) OUTROS: caso tenha ordenado o item outros, informe o que você deseja considerar. Poderá também fazer algum comentário referente a esta questão ou adicionar outro item.**

**15.a) Na sua opinião, qual o ordem de prioridade que se deve adotar para a instalação dos parâmetros de controle do volume de água pluvial informados a seguir? Considere um solo orgânico (Turfa) (P) \***

Para cada parâmetro de controle clique na coluna correspondente a sua respectiva ordem de prioridade. Sendo o 1° o mais importante e o 8° o menos importante. Se você tiver sugestão de algum outro parâmetro de controle, poderá usar o parâmetro "outros" para ordená-lo. Após a lista de parâmetros há um espaço para você

identificar o item outros. Caso não considere nada no item "outros" clique na coluna 8 do mesmo e deixe o campo abaixo vazio.

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Reservatório de detenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bacia de detenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valas de infiltração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Poços de infiltração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calçada verde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pavimentação permeável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Canal aberto com pedregulho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**15.b) OUTROS:** caso tenha ordenado o item outros, informe o que você deseja considerar. Poderá também fazer algum comentário referente a esta questão ou adicionar outro item.

**16) Você tem alguma outra sugestão de parâmetros de controle em loteamentos sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico que devem ser considerados?**

**17) Além do código/identificador único e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do cadastro de um reservatório de detenção?**



Além dos itens listados abaixo, farão parte do cadastro o nome do proprietário, endereço e coordenadas do reservatório de detenção.

- ☐ Área
- ☐ Volume
- ☐ Tipo de material construído
- ☐ Revestimento superficial
- ☐ Data de construção
- ☐ Frequência de manutenção
- ☐ Data da próxima manutenção
- ☐ Informação do uso em período de seca
- ☐ Outro:

**18) Além do código/identificador unívoco e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do cadastro de uma bacia de detenção?**

Além dos itens listados abaixo, farão parte do cadastro o nome do proprietário, endereço e coordenadas da bacia de detenção.

- ☐ Área
- ☐ Volume
- ☐ Tipo de material construído
- ☐ Revestimento superficial
- ☐ Data de construção
- ☐ Frequência de manutenção
- ☐ Data da próxima manutenção
- ☐ Informação do uso em período de seca
- ☐ Outro:

**19) Além do código/identificador unívoco e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do cadastro de uma vala de infiltração?**

Além dos itens listados abaixo, farão parte do cadastro o nome do proprietário, endereço e coordenadas da vala de infiltração.

- ☐ Área
- ☐ Volume
- ☐ Tipo de material construído
- ☐ Revestimento superficial
- ☐ Data de construção
- ☐ Frequência de manutenção
- ☐ Data da próxima manutenção
- ☐ Informação do uso em período de seca

☐ Outro:

**20) Além do código/identificador único e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do cadastro de um poço de infiltração?**

Além dos itens listados abaixo, farão parte do cadastro o nome do proprietário, endereço e coordenadas do poço de infiltração.

- ☐ Área
- ☐ Volume
- ☐ Tipo de material construído
- ☐ Revestimento superficial
- ☐ Data de construção
- ☐ Frequência de manutenção
- ☐ Data da próxima manutenção
- ☐ Informação do uso em período de seca
- ☐ Outro:

**21) Além do código/identificador único e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do cadastro de uma calçada verde?**

Além dos itens listados abaixo, farão parte do cadastro o nome do proprietário, endereço e coordenadas da calçada verde.

- ☐ Área
- ☐ Tipo de material construído
- ☐ Revestimento superficial
- ☐ Data de construção
- ☐ Frequência de manutenção
- ☐ Data da próxima manutenção
- ☐ Informação do uso em período de seca
- ☐ Outro:

**22) Além do código/identificador único e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do cadastro de uma pavimentação permeável?**

Além dos itens listados abaixo, farão parte do cadastro o nome do proprietário, endereço e coordenadas da pavimentação permeável.

- ☐ Área
- ☐ Tipo de material construído
- ☐ Revestimento superficial
- ☐ Data de construção
- ☐ Frequência de manutenção

- ☐ Data da próxima manutenção
- ☐ Informação do uso em período de seca
- ☐ Outro:

**23) Além do código/identificador unívoco e exclusivo, quais itens da relação a seguir devem ser usados como atributos na formação do cadastro de um canal aberto revestido com pedregulho/vegetação?**

Além dos itens listados abaixo, farão parte do cadastro o nome do proprietário, endereço e coordenadas do canal aberto revestido com pedregulho/vegetação.

- ☐ Área
- ☐ Volume
- ☐ Tipo de material construído
- ☐ Revestimento superficial
- ☐ Data de construção
- ☐ Frequência de manutenção
- ☐ Data da próxima manutenção
- ☐ Informação do uso em período de seca
- ☐ Outro:

**24) Na sua opinião, considerando os Loteamentos Sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico local, qual deve ser o percentual mínimo de área verde preservada na gleba do loteamento? \***

A área verde: uma área destinada aos espaços de domínio público que desempenha função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade ambiental, funcional e estética da cidade. Essa área é dotada de vegetação e espaços livres de impermeabilização, admitindo-se intervenções mínimas como caminhos, trilhas, brinquedos infantis e outros.

**25) Na sua opinião, considerando os Loteamentos Sustentáveis quanto ao ciclo hidrológico local, qual deve ser o percentual mínimo de área permeável em um lote exigido pela prefeitura? \***

**26) Você teria alguma informação a complementar sobre o tema ou deseja fazer alguma observação?**

Use o espaço abaixo para completar alguma resposta ou fazer alguma sugestão que você achar pertinente sobre o questionário.

Nunca envie senhas em formulários do Google.